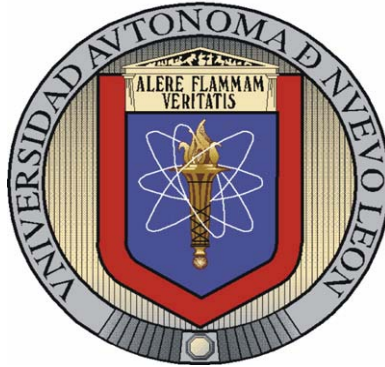


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**

**SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO**



**ESTUDIO TAXONÓMICO Y FILOGENÉTICO DEL GÉNERO *GYROMITRA*  
(FUNGI, ASCOMYCOTINA, PEZIZALES)**

**TESIS DOCTORAL**

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTOR  
EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS  
NATURALES**

**PRESENTA**

**M. C. ROSARIO MEDEL ORTIZ**

**enero, 2006**

**Linares, Nuevo León**

**ESTUDIO TAXONÓMICO Y FILOGENÉTICO DEL GÉNERO *GYROMITRA***  
**(FUNGI, ASCOMYCOTINA, PEZIZALES)**

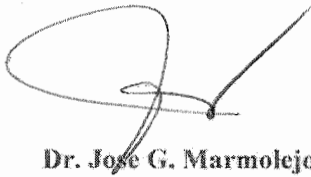
**Aprobación de tesis:**



**Dr. Gastón Guzmán**



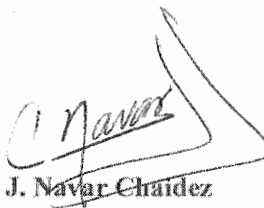
**Dr. Alejandro Espinosa de los Monteros**



**Dr. Jose G. Marmolejo M.**



**Dr. Humberto González Rodríguez**



**Dr. Jose J. Navar Chaidez**

## CONTENIDO

Página

Índice de Tablas.....	V
Índice de Figuras.....	V
Resumen.....	VI
Abstract.....	VII
Agradecimientos.....	VIII

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Introducción .....	1
Antecedentes.....	2
Hipótesis filogenéticas propuestas para el género <i>Gyromitra</i> .....	5

OBJETIVOS.....	7
Hipótesis de estudio.....	7

### MATERIALES Y MÉTODOS

Revisión de Herbarios .....	7
Datos morfológicos macro y microscópicos .....	7

### RESULTADOS

Tratamiento taxonómico.....	10
Clave para la determinación de las especies estudiadas.....	11
Especies estudiadas .....	13
Especies dudosas .....	39
Especies excluidas .....	40
Nuevos registros.....	41
Distribución del género.....	42
Análisis filogenético de <i>Gyromitra</i> basado en caracteres morfológicos.....	43
Muestreo de Taxa.....	43
Elección del grupo externo.....	43
Datos morfológicos.....	44
Determinación de Estados en Caracteres Continuos.....	44
Elaboración de la matriz .....	45
Análisis Filogenético .....	45
Delimitación genérica de <i>Gyromitra</i> basada en caracteres morfológicos .....	47
Distribución de caracteres morfológicos en el cladograma .....	51

CONCLUSIONES.....	54
-------------------	----

LITERATURA CITADA .....	56
-------------------------	----

ANEXOS, TRABAJOS ACEPTADOS.....	66
---------------------------------	----

1. Medel, R. y J. Marmolejo. 2005. Micromorfología de esporas de algunas especies de *Gyromitra* s.l. (ascomyctoina, Pezizales, Discinaceae). Rev. Mex. Mic. 21: 15-21.

2. Medel, R. 2006 a. Conocimiento etnomicológico de las especies de *Gyromitra* en México. Bol. Soc. Mic. Madrid 30 (en prensa).
3. Medel, R. 2006b. A review of the genus *Gyromitra* (Ascomycota, Pezizales, Discinaceae) in Mexico. Mycotaxon (en prensa).

## INDICE DE TABLAS

	Pagina
Tabla 1. Síntesis de la revisión histórica-taxonómica del género <i>Gyromitra</i> ...	6
Tabla 2. Revisión de material de Herbario.....	9
Tabla 3. Lista de tipos de <i>Gyromitra</i> , revisados de los Herbarios.....	9
Tabla 4. Matriz de géneros para <i>Gyromitra</i> y allegados.....	47

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.....	50
Figura 2.....	51
Figura 3.....	54
Lámina 1. Figuras 4 -12.....	60
Lámina 2. Figuras 13-20 .....	61
Lámina 3. Figuras 21-29.....	62
Lámina 4. Figuras 30-38 .....	63
Lámina 5. Figuras 39-47.....	64
Lámina 6. Figuras 48-55 .....	65

## RESUMEN

Se presentan los resultados de un estudio taxonómico y filogenético del género *Gyromitra*, basado en caracteres morfológicos. El análisis filogenético incluyó los cinco géneros que conforman la familia Discinaceae a la cual pertenece *Gyromitra*, más especies representantes de tres géneros afines y 2 grupos hermanos. El estudio concluyó que *Gyromitra*, *Discina*, *Neogromitra* y *Paradiscina*, son el mismo género. *Pseudorhizina* que morfológicamente es más afín a *Gyromitra* es ajeno al mismo. *Gyromitra* incluye especies estipitadas y sésiles. Se pueden dividir en dos grupos: especies estipitadas con esporas de fina a gruesamente rugosas y especies sésiles o estipitadas, que comparten el carácter de presentar esporas ornamentadas en diferentes patrones. Se reconoce un tercer grupo representado por *G. melaleuroides* subsésil, discoide y con esporas globosas ornamentadas con verrugas aisladas, que es intermedio entre los dos. La topología obtenida mediante el análisis filogenético basado en morfología, produjo valores bajos de *bootstrap* y de índice de soporte de ramas, lo que sustenta el siguiente paso: añadir datos moleculares. De acuerdo al análisis de microscopia electrónica, se añadió un quinto patrón de ornamentación a los ya conocidos en el género: esporas con espinas. Este estudio reafirmó que la ornamentación esporal es un carácter cuantitativo con valor taxonómico solo a nivel de especie. Siguiendo la delimitación taxonómica que se propone en este estudio y basados en la revisión de los tipos se concluyó que *Gyromitra* esta compuesta por al menos de 22 especies.

## ABSTRACT

This study presents the results obtained so far, from a taxonomical and phylogenetical study inferred from a morphological data set. The sampled taxa include five genera within the family Discinaceae, which *Gyromitra* belongs, plus two closely related species as outgroup. Using this approach the study concludes that *Gyromitra*, *Discina*, *Neogromitra* and *Paradiscina*, are the same, and phylogenetically are different from the genus *Pseudorhizina* which morphologically resemble *Gyromitra*. *Gyromitra* contains stipitates and sessils species. Three groups or clades can be recognized: 1) stipitates species with spores finely to roughly ornamented and 2) stipitates or sessils species with spores ornamented in several kind of patterns 3) A clade represented by *G. melaleuroides* sessile, discoid and globoses spores with isolated warts, which is an intermediate stage. The topology obtained based on morphological characters shows low bootstrap and decay index values, this fact support the next step: the use of molecular data. Agree Scanning electron microscopy a fifth patterns of sporal ornamentation is added: spiny spores. This study confirm sporal ornamentation is a quantitative character with taxonomic value at species level. According this taxonomical proposal and according type material study *Gyromitra* includes 22 valid species.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi maestro Dr. Gastón Guzmán del Instituto de Ecología, quien con su gran experiencia, entusiasmo y sobre todo paciencia dirigió este trabajo. Al Dr. Donald Pfister de la Universidad de Harvard por su apoyo desinteresado y enseñanzas en el campo de los ascomicetos, quien amablemente financió mi estancia en el Herbario Farlow mediante una beca de Friends of the Farlow. Gracias al Comité de tesis: Dr. Alejandro Espinosa (Instituto de Ecología), Dr. José Marmolejo, Dr. Humberto González y Dr. José de J. Navar (Facultad de Ciencias Forestales) por sus sugerencias durante el desarrollo de la misma. Gracias al CONACYT por la beca otorgada para realizar mis estudios de posgrado.

Expreso mi gratitud a los Drs. Kerry O'Donnell (USDA Forest Peoria, Illinois), Karen Hansen (Universidad de Harvard), Harri Harmaja (Universidad de Helsinki), Seppo Huhtinen por el apoyo con diversos materiales y sugerencias para el desarrollo de la presente, a los Drs. Brian Spooner (Royal Botanic Gardens, Kew), Bruno Denetiere (Museo de Historia Natural, Paris) y André Fraiture (Jardín Botánico Nacional, Bélgica) por su amabilidad durante mi estancia en los herbarios a su cargo. Agradezco al Dr. Francisco Lorea por su apoyo al permitirme usar su biblioteca y su ayuda incondicional durante el desarrollo de esta tesis, al Dr. Gerardo Mata por su apoyo y amistad, a la Dra. Dulce Salmones por sus atinados consejos, a la Dra. Victoria Sosa por permitirme usar el laboratorio de presecuenciación del Depto. de Biología Evolutiva, durante el desarrollo de las pruebas moleculares preliminares, a M.C. Esther Quintero por guiarme en el laboratorio, a Arturo de Nova, Quiyari Santiago, Tania Zuñiga, Dras. Dolores González, y Tere Mejía todos del Instituto de Ecología, por su apoyo al despejar mis dudas en el trabajo molecular o aportar información. Agradezco a los técnicos del Instituto de Ecología en Xalapa: Juan Lara Carmona por procesar los materiales de herbario, Tiburcio Láez por las fotografías al microscópio electrónico, Manuel Escamilla por la realización de los dibujos de las especies, Maricruz Peredo por su ayuda el trabajo de escaneo y edición. A los maestros Soledad Rocha y Héctor Narave de la Universidad Veracruzana por su apoyo desde la Facultad de Biología. Agradezco al Dr. Francisco D. Calonge (Real Jardín Botánico de Madrid) por sus sabios consejos y amistad incondicional. Gracias al Dr. Efrén Cázares, por su gran solidaridad desde la Universidad de Oregon, al Biol. Osberth Morales (Universidad de Guatemala) por aportar fotografías de ejemplares y datos etnomicológicos. Gracias a las Dras. Sharon Cantrell



(Universidad de Puerto Rico), Teresita Iturriaga (Universidad Simón Bolívar, Venezuela) por el apoyo con datos sobre algunas especies, a Biol. Milagro Mata (INBIO, Costa Rica) por su ayuda al aportar materiales de Costa Rica, a Dr. Merlin White (Universidad de Kansas) por apoyarme con materiales de *Gyromitra*. Agradezco a los Curadores de Herbarios BR, CUP, ENCB, FCF, FCME, FH, HMAS, IBUG, INBO, ITCV, HMAS, H, K, LUG, MICH, OSC, P, S, TAA, que amablemente apoyaron con los préstamos de materiales. Gracias a mis compañeros de la Colección de Hongos, Etelvina, Virginia, Bertha y Manuel por el apoyo recibido, a Maru López por su amistad y sobre todo sus consejos en la edición. A Sandra, Diana, Elsa y Ceci por su ayuda logística desde Linares, N.L. A mis compañeros del posgrado M.C. Ruben Marroquin, Dr. Raúl Díaz, Dr. Gonzalo Guevara por su compañía en las exploraciones micológicas en la Siberia, Coahuila. Quiero agradecer a mis excelentes profesores de la Facultad de Ciencias Forestales UANL, por contribuir a mi formación durante los cursos, al Dr. E. Jurado por su inevitable claridad académica y al Dr. Oscar Aguirre por su bondad.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### Introducción

Los ascomicetos son el grupo más numeroso del reino Fungi (Kirk *et al.*, 2001). En México los estudios sobre estos organismos, a pesar de los trabajos realizados en los últimos años, son todavía muy escasos, las estimaciones hechas por Medel *et al.* (1999), indican que hasta 1996 se habían citado aproximadamente 544 especies de ascomicetos en el país. Uno de los grupos menos conocidos es el de los Pezizales de los cuales Medel *et al.* (*op. cit.*), anotaron que se han citado alrededor de 127 especies, de las 1125 que se estima tiene el grupo a nivel mundial (Kirk *et al.*, 2001).

La mayoría de los trabajos de ascomicetos en México son en listas florísticas o algunos descriptivos, muy pocos tratan sobre la conexión con sus anamorfos, o biogeografía y menos aún con estudios sobre las relaciones filogenéticas de estos organismos. En este último caso los estudios filogenéticos emplean métodos para reconstruir filogenias basándose en principios evolutivos, tratando de encontrar las relaciones genealógicas de los taxa (Wiley *et al.* 1991). La sistemática filogenética, comprende dos aspectos principales 1) los conceptos y métodos para la estimación de historias evolutivas expresadas en diagramas ramificados o cladogramas y 2) el uso de estas estimaciones en la formulación de una clasificación (Duncan y Stuessy 1985). Los objetivos principales de éstos son a) proveer el marco conceptual, mediante el cual se pueda comunicar información acerca de los seres vivos; b) proporcionar mediante los cladogramas bases para establecer clasificaciones de tipo evolutivo; y c) predecir mediante cladogramas, o a partir de las clasificaciones derivadas de los mismos, propiedades de los organismos recién descubiertos o poco conocidos (Morrone, 2003).

En hongos, actualmente existen dos grandes líneas de estudio: los morfológicos realizando estudios de taxonomía alpha y los análisis para determinar grupos dentro de poblaciones, delimitando especies y buscando las relaciones filogenéticas entre taxa (Kohn, 1992), éstos últimos se incrementaron significativamente (Kohn, 1992). Ambos tipos de estudios son necesarios, ya que en algunos casos las inferencias filogenéticas basadas en secuencias de nucleótidos son suficientemente robustas, que no es necesario usar datos fenotípicos para resolver relaciones, en otros casos la evidencia molecular es incapaz de resolver ambigüedades por lo que la evidencia morfológica es indispensable

(Taylor y LoBuglio, 1994). Una de las estrategias para poder confrontar los resultados obtenidos por dos tipos de matrices, es el análisis independiente seguido de la examinación de datos morfológicos contra los datos moleculares. En Pezizales, Dissing y Schumacher (1994), hicieron ver la necesidad de realizar estos estudios cladísticos. A partir de esta propuesta, se generaron esfuerzos para entender las interrelaciones que existen dentro de este grupo, así como su historia evolutiva con otros grupos cercanos (e. g., O'Donnell *et al.*, 1997, Harrington *et al.*, 1999, Hansen *et al.*, 1999, 2001, 2002, Landvick *et al.*, 1997). En el país se han desarrollando algunos estudios de este tipo (Villegas *et al.* 1999, Villegas 2000 y Guzmán-Dávalos, 2003), pero ninguno en ascomicetos.

En México, *Gyromitra* Fr., esta representado por dos especies: *Gyromitra infula* (Schaeff.: Fr.) Quél. y *G. esculenta* (Pers.: Fr.) Fr., distribuidas ampliamente en bosques templados, sobre todo coníferas. Como un recurso natural las dos especies son comestibles y reciben diversos nombres populares (Herrera y Guzmán 1961, Guzmán 1997, Medel 2006a). Son objeto de venta en los mercados del centro del país, aunque es importante mencionar que las especies de *Gyromitra* se consumen después de la cocción y han sido citadas como tóxicas por ignorar el caso de la cocción. Contienen una toxina llamada giromitrina (mono-metil hidrazina), que es termolábil. Por otro lado el papel ecológico de las especies de *Gyromitra* es importante pues, se sabe que son micorrícicas del tipo ectomicorrícicas con árboles de importancia forestal, en especial coníferas (Trappe 1971, Castillo *et al.*, 1979).

Tomando en cuenta que éste género no esta bien delimitado taxonómicamente y dada su comestibilidad e importancia ecológica, es importante definir su identidad y sus especies, así como las relaciones con otros géneros afines como son los géneros: *Discina* (Fr.) Fr., *Neogyromitra* S. Imai y *Pseudorhizina* Jacvz.

### **Antecedentes**

De acuerdo con Kirk *et al.* (2001), *Gyromitra* está constituido por aproximadamente 15 especies, todas ellas de distribución boreal, sin embargo, al presente, no se sabe exactamente el número de especie válidas para este taxón, ya que de acuerdo al Index Fungorum ([www.indexfungorum.org](http://www.indexfungorum.org)) existen 66 nombres válidos

debidamente publicados, de los cuáles se necesita hacer la revisión de los tipos para descartar sinónimos. Por otro lado, la taxonomía de *Gyromitra* así como el concepto genérico y sus relaciones con otros géneros ha cambiado según diversos autores.

Originalmente el género constaba sólo de cinco especies y fue incluido dentro de la familia Helvellaceae (Fries, 1849). Saccardo (1889), reordenó el género y lo ubicó dentro de la familia *Helvellaceae* subfamilia *Morchellae*, con nueve especies. Seaver (1928), consideró *Gyromitra* con quince especies, pero en el género *Elvela* L., establecido en 1753 y lo ubicó en la familia *Elvelaceae*, orden Pezizales. Raitviir (1965) anotó que la morfología de las esporas era un carácter importante en la taxonomía de los discomicetos y que las tribus *Morchellae*, *Acetabulae*, *Gyromitrae* y *Discineae* se establecieron con base en este carácter. Según esta clasificación, los géneros *Gyromitra* y *Neogyromitra* no eran cercanos, pero su relación era un hecho ya que la formación del perisporio era similar, sugiriendo que ambos géneros pertenecían a la misma tribu.

Dennis (1968) ubicó a *Gyromitra* en la familia Helvellaceae tribu *Gyromitreae* y asentó que las diferencias entre este género y *Pseudorhizina* Jacv., sólo eran en las esporas, pero no los unió. Eckblad (1968) segregó de la familia Helvellaceae a *Gyromitra*, *Discina* y allegados ubicándolos en la familia Rhizinaceae Bonorden, la cual incluía a: *Rhizina* Fr., *Discina* (el cual unió con *Neogyromitra*), *Gyromitra* y *Pseudorhizina*. Eckblad anotó que era necesario separar estos géneros de la familia Helvellaceae, sobre la base de las diferencias morfológicas y que esporas lisas contra ornamentadas era un carácter de valor diferencial a nivel de especie, por lo que no dudaba en unir los cinco géneros mencionados, pues solo diferían en este carácter. Harmaja (1969a) amplió el concepto de *Gyromitra*, incluyendo en éste a *Pseudorhizina*, *Neogyromitra* y *Discina*, su concepto se basó en Eckblad (1968) y en el hecho de que la diferencia entre las esporas (de lisas y esféricas a reticuladas y apiculadas) y diferencias en el ascoma (estipitado o sésil) no eran suficientes para separar estos géneros, pues presentaban excípulo y paráfisis semejantes. *Gyromitra* y *Rhizina*, quedaron integrados en la familia Rhizinaceae. Mcknight (1969), puntualizó la necesidad de aclarar los límites y el concepto de *Discina* y allegados, entre ellos *Gyromitra*. Korf (1972) hizo ver que *Gyromitra* contenía solamente especies con esporas lisas esféricas a ovoides quedando fuera las especies giroso-pileadas con esporas ornamentadas que

correspondían a *Discina* y *Neogyromitra* y ubicó a aquel género dentro de la familia Helvellaceae tribu *Gyromitreae*.

Harmaja (1973), reconsideró que *Gyromitra*, *Discina* y *Neogyromitra* debían fusionarse en uno solo y excluir a *Pseudorhizina*, este autor se basó en cuatro caracteres para fusionar los tres géneros: 1) forma del ascoma (la diferencia entre subsésil, cortamente estipitado y distintamente estipitado no es clara y la estructura es la misma); 2) apículo de las esporas (en *Discina* y *Neogyromitra* el apículo es un hinchamiento en los ápices de las esporas a nivel del perisporio y en *Gyromitra* s strs., el perisporio es menos evidente, la diferencia entre apiculado y no apiculado es solo cuantitativa); 3) el retículo de las esporas es la diferencia real entre los tres géneros, aparentemente liso en *Giromitra* y rugoso y claramente ornamentado en los otros dos y 4) número de gúttulas en las esporas (bigutuladas en *Gyromitra* s str., trigutuladas en *Discina-Neogyromitra*), así Harmaja estableció dos subgéneros: *Gyromitra* Harmaja (para el grupo *infula-esculenta*) y *Discina* Harmaja para el grupo *Discina-Neogyromitra*. Mcknight y Batra (1974), estudiaron esporas de *Gyromitra* al microscopio electrónico y sugirieron que la ornamentación era un carácter cuantitativo en los dos subgéneros de *Gyromitra*. Kotlaba y Pouzar (1974) notaron que el carácter ornamentado del perisporio, era diferente solo en el grado de desarrollo del mismo, reafirmando la idea de Harmaja (1973), de retener estos dos géneros en uno solo. El género *Paradiscina* Benedix fue sinonimizado con *Gyromitra*, de acuerdo con Harmaja (1976) y reacomodó nuevamente la familia Rhizinaceae en la Helvellaceae. Kimbrough *et al.* (1990), apoyaron la inclusión de *Gyromitra* en la familia Helvellaceae, pues la formación de esporas en *Discina*, *Gyromitra* y *Helvella* era similar. idea contraria a Eckblad (1968) y Harmaja (1969a, 1973). Kimbrough (1991), observó que la formación de los cuerpos de Woronin en *Giromitra* y *Helvella*, eran de forma diferente pero mismo origen proteináceo, apoyando la inclusión de éstos, en la familia Helvellaceae, con dos tribus: *Helvellae* y *Gyromitrae* como lo habían sugerido Korf (1972) y Dennis (1968).

Abbott y Currah (1997) basándose en las variaciones de las esporas y otros caracteres morfológicos, dividieron *Gyromitra sensu lato* en cuatro subgéneros a saber: *Gyromitra* Abbott y Currah, con esporas finamente rugosas, *Discina* Abbott y Currah, con esporas submaduras de fina a distintamente rugosas y maduras con un retículo

distintivo e irregular, apículo desarrollado o reducido; *Caroliniana* Abbott y Currah, con un retículo regular, espaciado y prominentes espiculas en los ápices de las esporas y el subgénero *Melaleuroides* Abbott y Currah, que presenta un patrón distintivo de ornamentación: verrugas aisladas. Landvick *et al.* (1997), reconocieron tres linajes en Pezizales: 1) Pezizaceae y Ascobolaceae que constituyen la rama basal, 2) Helvellaceae, Morchellaceae y Tuberaceae y 3) Sarcoscyphaceae y Sarcosomataceae. Este trabajo sugirió que las formas cupuladas, turbinadas y pulvinadas de los Pezizaceae y Ascobolaceae eran formas basales de los otros linajes, aunque no se sabe aún si las formas helveloides o morcheloides son más o menos avanzadas que las formas cupuladas. O'Donnell *et al.* (1997) determinaron una relación de grupos hermanos entre Morchellaceae (*Morchella*, *Verpa* y *Disciostis*) y Discinaceae (*Gyromitra*, *Discina*, *Pseudorhizina* e *Hydnotrya*), apoyando con esto a Landvick *et al.* (op cit.). Este trabajo propuso a la familia Discinaceae Benedix emend. N.S. Weber, Trappe & O'Donnell para ubicar mejor a los géneros arriba mencionados, estos autores, resaltaron la necesidad de realizar estudios filogenéticos en los géneros pertenecientes a esta familia para evaluar su monofilia, además corroboraron la hipótesis de Eckblad (1968), Harmaja (1969a), Abbott y Currah (1997), de que *Gyromitra* y *Discina* pertenecían al mismo género, no así *Pseudorhizina* que aparece como otro grupo dentro de la familia. En la **Tabla 1**, se presenta de manera sintética la revisión histórico-taxonomía de *Gyromitra*.

### **Hipótesis filogenéticas propuestas para el género *Gyromitra***

Las propuestas filogenéticas que se han sugerido para explicar las relaciones de *Gyromitra* y sus allegados son las de Harmaja (1969a), basada en caracteres morfológicos y O'Donnell *et al.* (1997) basada en caracteres moleculares.

Harmaja (1973) postuló que era muy probable que *G. infula* y también *G. tasmanica* representaran los tipos más primitivos del género, si éste fuera monofilético. *G. sphaerospora* representaría un lado en la variación del género con esporas simples y pequeñas, gutulas pequeñas o ausentes y con ascomas muy desarrollados mientras que el grupo *Discina* podría ser el otro lado de la evolución en reversa: desarrollando esporas grandes de pared gruesa con un complejo perisporio, varias gutulas o gutulas grandes, pero con el ascoma degenerado. La propuesta molecular de O'Donnell *et al.* (1997)

postuló que *Gyromitra* no pertenecía a la familia Helvellaceae, a la cual tradicionalmente se había adscrito, si no que fue ubicado dentro de la nueva familia Discinaceae (representada en este estudio por al menos 3 géneros: *Gyromitra* s.l., *Hydnотrya* y *Pseudorhizizna*, y que al menos éste último no se anida en *Gyromitra* y que la familia Discinaceae esta más cercanamente relacionada con la familia Morchellaceae que con la Helvellaceae con la que comparte mayor similitud morfológica.

**Tabla 1.** Síntesis de la revisión histórica-taxonómica del género *Gyromitra*

Autor	Familia	No. especies	Caracteres usados
Fries 1849	Helvellaceae	5	morfología
Saccardo 1889	Helvellaceae subf. Morchellae	9	morfología
Seaver 1928	Elvelaceae	15	morfología
Dennis 1968	Helvellaceae tribu Gyromitreae	3-4	morfología
Eckblad 1968	Rhizinaceae	3	morfología, No. núcleos de esporas
Harmaja 1969	Rhizinaceae	15	morfología esporal histológica y apotecio y no. núcleos
Korf 1972	Helvellaceae	9	forma de esporas y morfología
Harmaja, 1973	Rhizinaceae con 2 subgéneros	15	morfología
Ericksson y Hawksworth 1993	Helvellaceae	15	forma de crecimiento, morfología apotecio y núcleos
Hawksworth 1995	Helvellaceae	15	igual al anterior
Abbott y Currah, 1997	Helvellaceae con 4 subgéneros	15	morfología y estudios de esporas al MEB
O'Donnell <i>et al.</i> , 1997	Discinaceae	?	análisis DNA

## OBJETIVOS

- 1) Determinar taxonómica y filogenéticamente el género *Gyromitra* sobre la base de caracteres morfológicos, además de sus relaciones con los géneros más cercanos.
- 2) Establecer cuántas especies incluye este género.

## Hipótesis del estudio

Dados los antecedentes históricos taxonómicos de éste género (Medel *et al.*, 2003) y debido a la gran variabilidad morfológica y amplia distribución espacial, *Gyromitra* representa un grupo no natural, formado por la agrupación artificial de linajes que no comparten un ancestro común inmediato.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Revisión de Herbarios

Se revisó material de CUP, BPI, BR, ENCB, FCF, FCME, FH, H, HMAS, IBUG, INBIO, ITCV, LUG, MICH, OSC, P, S, TAA y XAL. Los acrónimos están de acuerdo con Holmgren *et al.* (1990), a excepción del herbario del Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria (ITCV) y Colección de hongos de la Facultad de Ciencias Forestales en Linares, Nuevo León (FCF) que aún no están registrados. En total se examinaron 216 especímenes, de los cuales 19 fueron tipos. Este estudio se efectuó en el Laboratorio de la Colección de Hongos, del Instituto de Ecología en Xalapa, Veracruz. En la **Tabla 2** se presenta un resumen de los materiales estudiados. En la **Tabla 3** se enlistan las especies estudiadas y material tipo, indicando su distribución de acuerdo al material estudiado.

### Datos morfológicos macro y microscópicos

La revisión se realizó siguiendo las técnicas de rutina en micología, en especial las sugeridas para ascomicetos (Dennis, 1968). Se montaron preparaciones en KOH 5%, solución de Melzer, azul de algodón en lactofenol, rojo Congo y floxina. Cuando fue



posible se tomaron fotografías al microscopio electrónico de las esporas. En esta fase de revisión de Herbario se realizaron las observaciones de todas las estructuras que pudieran servir como estados de carácter, con el fin elaborar una matriz de datos que serviría de base para el análisis basado en datos morfológicos.

Los artículos derivados de esta tesis, anexos al final (Medel y Marmolejo 2005, Medel 2006a y 2006b), fueron fundamentales para determinar algunos aspectos importantes en la etnomicología, diversidad y taxonomía del género.

**Tabla 2.** Revisión de material de Herbario

Herbarios nacionales	6
Herbarios revisados de otros países	12
Entidades de México con registro de <i>Gyromitra</i>	13
Países en los que existen registros de <i>Gyromitra</i> según ejemplares revisados	25
Especies revisadas de los especímenes estudiados	22
Número de especímenes revisados	216
Tipos de las especies revisados	19

**Tabla 3. Lista de especies de *Gyromitra*, revisadas**

***Gyromitra ambigua*** (P. Karst.) Harmaja (tipo H)

Estados Unidos, México y Finlandia

***G. antarctica*** *Rehm*

Argentina, Chile

***G. caroliniana*** (Bosc: Fr.) Fr. (neotipo BPI)

Estados Unidos

***G. esculenta*** (Pers.: Fr.) Fr.

Alemania, Algeria, Bélgica, Canadá, Estados Unidos, México, Rusia

***G. fastigiata*** (Krombh.) *Rehm* (tipo BPI)

Canadá, Estados Unidos.

***G. gigas*** (Krombh.) *Cooke*

Suecia, Francia

***G. infula*** (Schaeff.: Fr.) Quél. (lectotipo K)

Austria, Bélgica, Brasil, Canadá, Costa Rica, Checoslovaquia, China, Eslovaquia, Estados Unidos, México, Paquistán, Suecia, Suiza.

***G. korfii*** *Raitv.* (paratipo CUP)

Estados Unidos

***G. leucoxantha*** (Bres.) Harmaja

Austria, Estados Unidos, Francia, Hungría, Suiza

***G. macrospora*** (Bubak) Harmaja (holotipo BPI)

Canadá, Checoslovaquia, Estados Unidos,

***G. martinii*** *Donadini & Astier* (isotipo CUP)

Francia

***G. melaleuca*** *Bres.* (holotipo CUP y S)

Italia

***G. melaleuroides*** (Seaver) *Pfister*

Estados Unidos (OSC, FH)

***G. montana*** Harmaja (isotipo BPI)

Estados Unidos

***G. olympiana*** *Kanouse* (holotipo MICH)

= ***G. apiculatula*** (*Mcknight*) Harmaja (holotipo BPI)

Estados Unidos

***G. parma*** (*J. Breitenbach & Maas Gesteranus*) *Kotlaba & Pouzar* (holotipo K)

Suiza

***G. perlata*** (Fr.) Harmaja

= ***G. mcknightii*** Harmaja (holotipo H)

Estados Unidos (OSC), Yugoslavia

***G. sichuanensis*** *Korf & D.W.Y. Zhuang* (isotipo e isoparatipo CUP)

China

***G. spinosopora*** (*Luchini & Peland.*) *D. Kock, Christan & Lohmeyer* (tipo LUG)

Suiza

***G. splendida*** *Raitv.* (holotipo TAA)

Estonia

***G. tasmanica*** (Berk.) *Berk. & Cooke* (tipo K)

Nueva Zelanda, Tasmania

***G. xinjiangensis*** *Cao, Fan et Liu* (tipo HMAS)

China

## RESULTADOS

### Tratamiento Taxonómico

***Gyromitra*** Fr., Summa Vegetabilium Scandinavae 2. 346. 1849 (nomen conservandum)  
= *Gyrocephalus* Pers., Memoires de la Societé Linneene (Paris) 3. 77. 1824  
= *Discina* (Fr.) Fr. Summa Vegetabilinum Scandinavae 2. 348. 1849  
= *Physomitra* Boudier, Bulletin de la Societé Mycologique de France 1.99. 1885  
= *Neogyromitra* S. Imai, The Botanical Magazine (Tokio) 46.174. 1932  
= *Paradiscina* Benedix, Die Kulturpflanze 17. 274. 1969  
= *Fastigiella* Benedix, Die Kulturpflanze 17. 276. 1969

Especie tipo *Gyromitra esculenta* (Pers.) Fr., Summa Vegetabilinum Scandinavae 2. 346. 1849.

Ascocarpo epigeo, cupulado, discoide, convexo, bilobado o irregularmente lobado con el margen enrollado o reflexo, sésil, subsésil o distintamente estipitado. Himenio de color amarillento café, café rojizo, café rojizo con tonos violetas o de color café oscuro, casi liso, undulado rugoso o a veces fuertemente convoluto, Superficie externa lisa o pubescente, de consistencia correosa en seco. Himenio libre, semilibre o unido al estípite. Estípite cilíndrico o ensanchado hacia la base, de color blanco, blanco con tonos rosados o violeta a de color café rojizo claro, glabro o pubescente, sólido o hueco. Ascas cilíndricas, inamiloides, operculadas, con 8 esporas. Parafisas clavadas, alargadas gradualmente hacia el ápice, con contenido fina a gruesamente granular, de amarillento a de color café claro o café rojizo en KOH, septadas, ramificadas o no. Ascosporas globosas, elípticas o fusoides, hialinas, lisas a ornamentadas fina o burdamente rugosas, reticuladas, espinosas o distintamente verrugosas, no apiculadas a distintamente apiculadas, con una dos o tres gutulas, tetranucleadas, cianofilicas, perisporio presente al madurar. Excipulo medular de textura intrincada, con una capa de textura ectal angular que se desvanece con la madurez. Las especies siempre están asociadas a coníferas.

El concepto genérico adoptado en este tratamiento taxonómico es el de *Gyromitra* sensu lato (Harmaja 1969a; Pfister 1980), que incluye los géneros: *Gyromitra*, *Neogyromitra* y *Discina*. El género *Pseudorhizina* originalmente fusionado a *Gyromitra* (Harmaja 1969a) fue excluido más tarde (Harmaja, 1973); molecularmente es diferente (O'Donnell *et al.*, 1997), pero ubicado dentro de la misma familia Discinaceae.

### Clave para las especies de *Gyromitra* reconocidas en este estudio

- 1a. Apotecio estipitado, bilobado o giromitroide.....2
- 1b. Apotecio subsésil o sésil, cupulado o discoide.....13
- 2a. Apotecio bilobado.....3
- 2b. Apotecio giromitroide.....5
- 3a. Himenio de color café, café anaranjado o café rojizo naranja. Esporas elípticas, sin apículo .....4
- 3b. Himenio de color café o café naranja pero con predominantes tonos violáceos, esporas elípticas con un apículo hasta de 2  $\mu\text{m}$  de grosor.....*G. ambigua*
- 4a. Esporas largamente elípticas sin apículo, lisas.....*G. infula*
- 4b. Esporas elípticas sin apículo, verrucosas, parafisas en forma de gancho.....*G. xinjiangensis*
- 5a. Himenio de color café oscuro con tonos violáceos incluso en el estípite, estípite cilíndrico a veces con algunas depresiones a lo largo del mismo.....6
- 5b. Himenio de color café rojizo oscuro o café rojizo o café ocráceo, pero nunca con tonos violáceos, estípite ancho, a veces tan ancho como el himenio, con costillas o pliegues longitudinales, a veces varios estípites unidos.....9
- 6a. Apotecio con el margen ondulado y completamente libre del estípite, el cual presenta algunas escamas cuando joven .....*G. tasmanica*
- 6b. Apotecio con el margen semiadherido al estípite.....7
- 7a. Estípite largo por lo menos 2/3 partes de la longitud total, esporas subfusiformes de 23-28 x 11.5-13.5  $\mu\text{m}$ .....*G. splendida*
- 7b. Estípite de longitud media, esporas elípticas, bigutuladas.....8
- 8a. Gutulas pequeñas menores de 1  $\mu\text{m}$ , hongos asociados a bosques de *Notofagus*.....*G. antarctica*
- 8b. Gutulas mayores de 1  $\mu\text{m}$ , hongos asociados a bosques de coníferas.....*G. esculenta*
- 9a. Himenio de color café ocráceo, café amarillento.....10
- 9b. Himenio de color rojizo oscuro, café rojizo, café rojizo oscuro.....12
- 10a. Esporas reticuladas en azul de algodón.....11

10b. Esporas sin retículo, con apículo pequeño (menor de 1 $\mu\text{m}$ , redondeados, hasta de 35 $\mu\text{m}$ de longitud.....	<b><i>G. montana</i></b>
11a. Esporas con varios apículos (1-3) en los extremos.....	<b><i>G. fastigiata</i></b>
11b. Esporas con un solo apículo el cual se observa como una continuación del perisporio, alargado con los extremos un poco agudos.....	<b><i>G. korfii</i></b>
12a. Esporas con verrugas que forman un retículo.....	<b><i>G. caroliniana</i></b>
12b. Esporas anchamente elípticas, lisas o ligeramente rugosas, con un apículo hasta de 3 $\mu\text{m}$ , con el ápice redondeado.....	<b><i>G. montana</i></b>
13a. Himenio de color amarillento, café amarillento café naranja u ocráceo .....	14
13b. Himenio de color café rojizo, café rosado, rojizo pero no con tonos amarillentos o café grisáceo.....	15
14a. Esporas con un apículo depreso, aplanado.....	<b><i>G. leucoxantha</i></b>
14b. Esporas elípticas con un lado aplando, apículo agudo,.....	<b><i>G. olympiana</i></b>
15a. Esporas globosas o elípticas.....	16
15b. Esporas elípticas fusoides.....	17
16a. Apotecio grisáceo, esporas globosas.....	<b><i>G. melaleuroides</i></b>
16b. Apotecio esporas elípticas ornamentadas con verrugas aisladas.....	<b><i>G. melaleuca</i></b>
17a. Esporas con ornamentación como espinas.....	18
17b. Esporas sin espinas.....	19
18a. Esporas con espinas verdaderas y con apículo muy largo.....	<b><i>G. spinosospora</i></b>
18b. Esporas con una red, en forma de espinas sin apículo.....	<b><i>G. parma</i></b>
19a. Esporas sin retículo .....	20
19b. Esporas con retículo .....	21
20a. Esporas con verrugas grandes, anastomosadas en forma de red.....	<b><i>G. martinii</i></b>
20b. Esporas con crestas espaciadas, sin apículo.....	<b><i>G. sichuanensis</i></b>
21a. Esporas con un retículo muy evidente en azul de algodón, apículo grande hasta de 3 $\mu\text{m}$ de longitud.....	<b><i>G. perlata</i></b>
21b. Esporas de 35-40 $\mu\text{m}$ , con un retículo muy fino, apículo muy grande hasta de 8 $\mu\text{m}$ de longitud.....	<b><i>G. macrospora</i></b>

## Especies estudiadas

***Gyromitra ambigua*** (P. Karst.) Harmaja, Karstenia 9: 17. 1969

≡ *Helvella ambigua* P. Karst., Meddelanden af Societas pro Fauna et Flora Fennica 5: 53. 1879

= *G. infula* var. *apiculatispora* Raitv., Eestii NSV Teaduste Akademia Toimetised 14 (Bioloogiline Seeria 3): 322 (fide Abbott y Currah, 1997)

= *G. arctica* Vassilkov, Mikol i Fitopatol 3.116. 1964 (fide Kotlaba y Pouzar, 1974)

**Figs. 4-6**

Apotecio estipitado de 3-46 mm de diámetro, 2-25 mm de alto, irregularmente lobado, a veces bilobado. Himenio de color café rojizo claro a oscuro, a veces con tintes violetas, café rojizo oscuro a café oscuro negruzco cuando seco, undulado rugoso o liso. Superficie externa blanca a de color crema o café rojizo en seco, pubescente. Estípite 3-58 x 1.5-21 mm, cilíndrico, ensanchado gradualmente hacia la base, de color crema rosado pálido o café púrpura, a veces con tintes violáceos, pubescente especialmente cuando joven, sólido. Ascas de 220-394 x 13.9-18.6 µm. Esporas de 25-33 x 10-12 µm, subfusiformes, hialinas, lisas en KOH y azul de algodón, bigutuladas distintamente apiculadas, apículo de 1.5-3 µm. Parafisis de 5-9 µm de diámetro, cilíndricas a ensanchadas en el ápice, de color amarillento en KOH con contenido granular. Excípulo de textura intrincada, formado de hifas de 5-10 µm de diámetro, hialinas, septadas, de pared delgada.

Hábitat: solitario, húmico en bosques de *Pinus* y *Abies*.

Material estudiado: **Canadá.** Prince Edward Island, Herb Ellis (FH). Finlandia. Tammela, 30/7/1866, *Karsten* 3289 (holotipo, H). **Estados Unidos.** Michigan, /9/1979, *Beardslee s.n.* (FH). **México.** Material citado en Medel (2006b) de Michoacán y Morelos (véase anexo 3).

La presencia de un apículo en los polos de las esporas y la medida de las mismas son los caracteres que distinguen esta especie. Existe variación en cuanto a la medida de esporas, las del tipo miden de 30-33 x 10-12 µm, el material mexicano estudiado presentó esporas de 25-33 x 10-12 µm, mientras que Kempton y Wells (1973),

mencionaron esporas más pequeñas de (16- ) 17.5-21.5 x (7-) 7.5-8.5 (-9)  $\mu\text{m}$  y Abbott y Currah (1997), esporas de 21.4-30 x 7.7-11.2  $\mu\text{m}$  en especímenes de Estados Unidos. De acuerdo con Harmaja (1969b), el ascoma semeja mucho a *G. infula*, aunque la presencia de tintes violáceos tanto en la parte himenial como en el estípite y su talla pequeña, son característicos de *G. ambigua*. Ambas especies comparten el mismo hábitat, región geográfica y macroscópicamente no es fácil distinguirlas (Abbott y Currah, 1997; Kempton y Well 1973). *G. esculenta*, a veces es confundida con *G. ambigua* debido a los tintes violáceos característicos de la primera, el tamaño de las esporas y la ausencia del apículo las diferencian. La especie se distribuye en Asia, Estados Unidos y Europa y en México fue citada por Medel (2006b).

***Gyromitra antarctica*** Rehm, Svenka Vet. Akad. Handl 25. 4. 1899  
**Figs. 7-9**

Apotecio estipitado de 25 x 20 mm de diámetro x 50-80 mm de altura, giroso, convoluto y margen inflexo adherido al estípite, de color castaño a castaño violáceo a de color café oscuro con tonos rojizos en seco, superficie externa de color amarillenta. Himenio semilibre, respecto del estípite. Estípite de 20 x 4 mm, cilíndrico y bulboso en la base, liso en fresco pero estriado en seco, estriaciones a lo largo del estípite, ligeramente pubescente. Ascas de 200-300 x 18-23  $\mu\text{m}$ , inamiloides, octosporadas de pared delgada. Esporas elípticas de 20-23 (-26) x 12-13  $\mu\text{m}$ , lisas tanto en KOH, como en azul de algodón y Melzer, con dos pequeñas gutulas en los extremos. Parafisis septadas de 6-9 (-10)  $\mu\text{m}$  en el ápice, no ramificadas. Excípulo de textura intrincada formado de hifas de 6-9  $\mu\text{m}$  de diámetro, hialinas, septadas, de pared delgada.

Hábitat: solitario, húmico en bosque de *Notofagus*.

Material estudiado. **Argentina.** Parque Nacional Nahuel Huapí. Península de Quetrihué, *Gamundi* 38530 (ex Univ. de la Plata, FH). **Chile.** Valdivia, 17/10/1966, *W. Lazo* s.n. (K).

Esta especie es muy parecida a *G. esculenta*, tanto en el color como en la medida de las esporas, sin embargo, la talla pequeña constante de esta especie, las dos gutulas pequeñas de las esporas, el hábitat, y la ornamentación de las esporas al microscopio electrónico (Medel y Marmolejo, 2005) la distinguen de la primera. La medida de las esporas concuerda con Gamundi y Horak (1993), aunque Rehm (1899) en la descripción original, mencionó esporas más pequeñas de 15 x 7µm. *Gyromitra antarctica* y *G. tasmanica* son las dos especies con distribución más al sur que presenta el género. Ambas especies presentan dos gutulas pequeñas (menores de 2µm) y están asociadas a los bosques de *Notofagus*. La especie se conoce solamente de Argentina y Chile.

***Gyromitra caroliniana*** (Bosc: Fr.), Ofvers. Af. Kongl. Vet- Akad. Förhandl. 2:173. 1871

≡ *Morchella caroliniana* Bosc: Fr., Systema Mycologicum 2: 12. 1823 (fide Abbott y Currah, 1997)

≡ *Morchella caroliniana* Bosc, Gesellschaft Naturforschender Freunde Berlin, Sitzungsberichte 5: 86 1811 (fide Abbott y Currah, 1997)

≡ *Elvela caroliniana* (Bosc.) Nees, Das System der Pilze und Schwämme p. 176, 1817 (fide Abbott y Currah, 1997)

≡ *Neogyromitra caroliniana* S, Imai, Bot. Mag. Tokio 46: 174. 1932

= *Gyromitra costata* (Schw.) Cooke, Mycographia p. 194. 1878

#### **Figs. 10-12**

Apotecio estipitado de 45-60 x 30-60 mm, levemente giroso, con los bordes agudos de color café avellana a café rojizo oscuro en seco, en ocasiones los apotecios aparecen varios unidos. Superficie externa de color blanquecino-amarillento a beige, ligeramente pubescente. Estípite de 65 x 20 mm, a veces varios unidos, de color blanquecino a café muy claro a de color oscuro en seco, unido al apotecio, sólido, con estriaciones desde la base hasta el himenio. Ascas de 320-420 x 18-23 µm, octosporadas, inamiloides. Esporas elípticas fusoides, ornamentadas con verrugas que forman un retículo, de 30-36 (-40) x 14-18 µm, sin apículo. Parafisis de 7-8 µm en el ápice, de color amarillentas-café. Excípulo medular de textura intrincada formado de hifas de 6-10 (-12) µm de diámetro, hialinas, septadas, de pared delgada.



Hábitat: solitario o gregario en suelo o humus en bosque de coníferas.

Material estudiado. **Estados Unidos**, Virginia, Lorton, 24/4/1942, *E. Bland* (neotipo BPI). Herb. Mycol. *M.C. Cooke 1855* (K).

El himenio compuesto de varios receptáculos fusionados sobre un estípite masivo son caracteres diferenciales de esta especie (Mcknight, 1973). El concepto de especie de *G. carolinina* ha sido objeto de mucha confusión, Abbott y Currah (1997) aceptan que *G. caroliniana* se ajusta bien al neotipo elegido por Mcknight (1973), el cual fue revisado en este estudio. Esta especie esta cercanamente relacionada con *G. gigas* y *G. fastigiata* sin embargo, no se han revisado los tipos de estas dos especies para definir su conespecificidad, pero morfológicamente son distintas, por esta razón aparentemente la especie se distribuye en Norte América solamente (Abbott y Currah 1997; Mcknight 1973; Weber 1988).

***Gyromitra esculenta*** Pers.: Fr., Summa Veg. Scand. Sectio Post. 346. 1849

≡ *Elvela esculenta* Pers., Comentarius Fungorum Bavariae indigenorum p. 64, 1800

≡ *Helvella esculenta* Pers. : Fr, Systema Mycologicum 2: 16. 1821

= *G. bubakii* Velen., Ceska Mykol. 40: 17, 1986 (fide Abbott y Currah, 1997)

= *G. inflata* (Cumino) Cooke Mycographia p. 248 (fide Harmaja, 1979)

= *G. newrightii* Velen., Ceske houby, Dil IV-V p. 894, 1922 (fide Harmaja, 1979)

= *G. queletii* Schulzer, in Hew. p. 149, 1885 (fide Harmaja, 1979)

#### **Figs. 13-14**

Apotecio estipitado de 5-90 mm de diámetro, 5-55 mm de altura (hasta 140 x 110 mm en fresco), giroso, irregularmente lobado, convoluto, unido al estípite. Himenio de color café rojizo, con tonos violáceos o con regiones café rojizas o violáceas a de color café naranja cuando seco. Superficie externa blanca a de color amarillo o café rojizo pálido, finamente pubescente en algunas zonas. Estípite de 5-90 mm x 3 –30 mm de diámetro, alargado hacia la base, de color crema, café amarillento o café rojizo pálido con tintes violetas, pubescente. Ascas de 180-220 x 15-17 µm, octosporadas, inamiloides. Esporas elípticas, de 18-23 (-25) x 10-12.5 µm, con un apículo hasta de 1

µm, bigutuladas, hialinas, lisas en KOH, ligeramente rugosas en Azul de algodón.

Parafisis de 2-9 µm, ápice clavado, café pálida o café rojizo en KOH, contenido granular. Excípulo medular de textura intrincada, formado de hifas de 6-10 µm de diámetro, hialinas de pared delgada.

Hábitat: húmico, lignícola o en suelo quemado en bosque de coníferas, pino encino, raramente en bosque mesófilo de montaña.

Material estudiado: **Alemania**. Budenheim, *Fuckel s.n.* (Fungi rhenani 2087). **Algeria**. Prov. Yakouren, Forêt D'Akfadou, 22/4/1984, *Ármelo 8278* (BR). **Bélgica**. Prov. Brabant, Forêt de Soignes, Au Quatre Bras, 0/4/1919, *Beeli s.n.* (BR), 21/4/1949, *Van Capenhout s.n.* (BR). Prov. Brabant, Kraaienem, Quatre Bras, *Heinemann 4578* (BR); Prov. Brabant, Bierbeek, Mollendaalbos, *Van Eynde, Morren 15/04/1965* (BR). Prov. Brabant, Aarschot, 5/4/1994, *J. Monnens* (BR). Prov. Brabant, Meerdalbos, Louvain, 26/2/1961, *E. Rullier* (BR) Prov. Brabant, Meerdalbos, Bierbeek, *Rameloo 6771* (BR), 22/3/1961, *A. C. Rose* (BR). Prov. Brabant, Louvain, Forêt de Meerdaal, 0/4/1972, *L. Thumas* (BR); Prov. Antwerpen, Kapellan *M. Beeli, s.n.*, 1932 (BR); Prov. Antwerpen, Turnhout, Kloteraar, 1/5/1941, *L. Imler s.n.* (BR), Prov. Antwerpen, Brasschaat, Mariaburg, 6/5/1938, *L. Imler s.n.*; 0/0/1958, *L. Imler s.n.* (BR). Prov. Antwerpen, Schoten, Schotenhof, 16/4/1933, *L. Imlers.n.*; 21/4/1934, *L. Imler s.n.* (BR) Prov. Luxembourg, Ezezé, Sâdzo, 7/4/1977, *N. Cnops s.n.*; *F. Lawers 115* (BR) Prov. Brabant, Meerdaalbos (Bierbeek), 3/5/1942, *De Konick* (BR); 19/1/1964, *Heinemann s.n.* (BR) Prov. Brabant, La Roche (Court Saint-Etienne), *Heinemann 4573* (BR); Prov. Liege, Rocherath, 29/1/1992, *Heinemann 8372* (BR). **Canadá**, Ontario, Merrivale, 22/5/1930, *S. Odell s.n.* (FH), Berrigan's Merrivale, 3/6/1926, *S. Odell* (FH). Bear Island, 4/5/1956, *W. Groves* (FH). Finland, near Salla (Lapland) 18/6/1997, *Pfister s.n.* (FH). Alberta. Devonian Botanic Garden near Devon, 30/5/1994, *Abbott 939* (FH). **Estados Unidos**. Massachusett. West Grotton, 17/5/1981, *Fintha s.n.* (FH). Vermont near Ascutney, 25/5/1996, *Webster s.n.* (FH), New York. Burt Farm Middles Grove, 0/5/1918, *E. A. Burt* (FH). **Inglaterra**. Flora of British island. Whitney Common Surrey, 30/3/1980, *Reid s.n.* (K). Surrey, Weybridge, Fungi Europaei (BR). **México**. Material citado en Medel (2006b) de Coahuila. Durango. Estado de México. Guerrero. Hidalgo. Michoacán. Tlaxcala, y Veracruz (ver anexo 3). **Rusia**, Prope Smolensk, 0/5/1895, *Jaczewski, Komarov & Transchel* (BR).

El apotecio giromitroide, con himenio color café rojizo con tintes violetas es característico de esta especie. Kempton y Wells (1973) mencionaron medida de esporas de (18.5-) 21.5-24.5 x 11-12.5 µm, bigutuladas, aunque dan otras medidas menores señalando que las esporas son multigutuladas, lo cual indica que aún no están maduras. Abbott y Currah (1997) mencionaron esporas de (17-) 19.1-28 x 10-13 (-14) µm,

elipsoides a subfusoides, bigutuladas, con apículo ausente o ensanchado hasta 1.5  $\mu\text{m}$ . *G. esculenta* es una de las especies más variables dentro del género, esta variación es atribuida a factores ambientales y edad de desarrollo del asoma (Harmaja, 1973). La variación más importante es la medida de las esporas (Harmaja 1973, Moravec 1986) ya que existen al menos 3 tipos en relación a este carácter. En México el tipo I es el más frecuente aunque también se encontraron ejemplares del tipo II y III. *G. esculenta* es un complejo de especies, que involucra otras dos *G. longipes* y *G. splendida*. Ya que la literatura consultada y al material revisado mostraron gran variación morfológica además de medidas de esporas variables, existe confusión en relación al concepto de *G. esculenta* s str. (Medel, 2006b) y debido a que el tipo aparentemente esta perdido (Harmaja 1973, Abbott y Currah 1997) la designación de un neotipo es necesaria. Esta especie junto con *G. infula* son las dos especies más ampliamente distribuidas del género.

***Gyromitra fastigiata*** (Krombh.) Rehm, Die Pilze in Rabenh. 1, Krypto Fl. Deutchl. Oster., Schw. 2<sup>nd</sup>. Ed. 1: 1194, 1896

= *Gyromitra brunnea* Underw., Procc. Indiana Academy of Sciences 1893: 33, 1894 (fide Weber, 1978)

= *Gyromitra pratensis* Velen., Monog. Discom. Bohem. P. 389, 1934

= *Gyromitra korfii* (Raitv.) Harmaja, Karstenia 13: 56, 1973 (fide Abbott y Currah, 1997)

Apotecio estipitado, irregularmente convoluto, lobado, hasta de 70 mm de diámetro (en seco). Himenio unido al estípote, de color amarillento café claro a oscuro a de color café oscuro en seco. Superficie externa de color beige a de color café claro en seco. Estípote grueso, hueco de 70 x 50 mm, con costillas longitudinales, gruesas. Ascas cilíndricas de 300-400  $\mu\text{m}$ . Ascosporas fusiformes a estrechamente elípticas, de 22-33 x 10-13 (15)  $\mu\text{m}$ , con 3 gutulas una grande y dos pequeñas en los extremos, ornamentadas con un retículo visible en azul de algodón, con aparentemente algunas espinas de puntas obtusas en los extremos de la espora. Parafisis cilíndricas-clavadas, de 6-10  $\mu\text{m}$  de diámetro, de color café claro en KOH, contenido ligeramente granular. Excípulo de textura intrincada, formado de hifas de 7-12  $\mu\text{m}$  de diámetro, hialinas, septadas de pared delgada.

Hábitat: húmico y lignícola, solitaria o gregaria, en bosques de coníferas.

Material estudiado. **Canadá.** Quebec, Gatineau Co, Cantley Ginn's Farm 15/5/1979, *A. & J. Ginns* 4170 (FH). Toronto, Don Valley 15/5/1932, *S. Bell* s.n. (FH). **Estados Unidos.** Vermont, Norwich 27/5/1998, *Griffin* s.n. (FH); Ames Hill West Brattleboro Vermont 6/5/1979 (FH). Acress hill, West Brattleboro 10/5/1982 (FH), Massachuset, near Haggetts station west Andover, 12/4/1932, *E. Thompson* s.n. (FH); Framingham, 12/4/1968, *R. Thaxter* 624 (FH); Curtis Pines U.W. Arboretum Madison, Dane Countey, 15/7/1981, *H. Burdsall, Jr.* 1141, 1142 (FH).

El concepto adoptado en este estudio, para esta especie es el de Svreck y Moravec (1972), Mcknight (1973) como *G. brunnea* y Weber (1988), el cual concibe a *G. fastigiata* con esporas gruesamente reticuladas con espiculas delgadas de puntas obtusas, en los extremos de las esporas. El concepto de *G. fastigiata* sensu Mcknight (1971), corresponde a otra especie. Abbott y Currah (1997) mencionaron que la descripción original era imprecisa por lo que se requiere un neotipo de la localidad tipo para aclarar el concepto de *G. fastigiata*. Esta especie se distribuye en Norte América y Europa (Svreck y Moravec, 1972, Mcknight 1973, Weber 1988), es un sinónimo de *G. gigas* según Abbott y Currah (1997), pero en este estudio *G. fastigiata* y *G. gigas* no son conespecíficas.

***G. gigas*** (Krombh.) Quel., Les Champ. Du Jura et des Vosges 2: 382, 1873 In Mém. Soc. Emul. Montbeliard Ser. II 5: 338, 1873.

=*Helvela gigas* Krombh., *Nat. Abb. Besch.* 3: 28, tab. 20, fig. 1-5. 1834

=*Gyromitra gigas* (Krombh.) Cooke, *Mycographia* fig 327. 1878

=*Discina gigas* (Krombh.) Eckblad, *Nytt Mag. Bot.* 15(1-2): 99. 1968

=*Maublancomyces gigas* (Krombh.) Herter, 8: 161. 1950

=*Neogyromitra gigas* (Krombh.) S. Imai, *Bot. Mag. Tokyo* 52: 358. 1938 (fide Kotlaba y Pouzar 1974)

=*Gyromitra labyrinthica* Fr., in *Vet. Ak. Forh.* P. 173. 1871

=*Gyromitra suspecta* (Krombh.) J. Scröt., *Sches. Krypto* III 2 P. 27 in Rehm

=*Gyromitra ussuriensis* Lar. N. Vassiljeva, *Notolae Syst. Sect. Crypt. Inst. Bot. Acad. Sci. URSS* 6( 7-12): 189, 1950 (fide Raitviir 1970, Abbott y Currah, 1997)

= *Gyromitra montana* Harmaja, *Karstenia* 13: 56. 1973 (fide Mcknight, 1971)

≡ *Gyromitra korfii* (Raitv.) Harmaja, 1973, *Karstenia* 1: 56. 1973 (fide Mcknight, 1971)

Apotecio estipitado de 30-65 mm de diámetro, 20-27 mm de altura, irregularmente lobado, irregular en forma, fuertemente convoluto, con la superficie externa unida al estípite, himenio de color café amarillento, café claro a oscuro.

Superficie externa blanca o casi blanca. Estípites gruesos, huecos, con canales anastomosados, igual en diámetro o expandiéndose hacia la base, con costillas longitudinales, cosillas redondeadas, de color blanco o casi blanco. Ascas cilíndricas de 270-320 x 16-22 µm. Ascosporas elípticas-fusoides, finamente rugosas o reticuladas en azul de algodón, de 22-33 (-36) x 10-14 (-15) con un apículo corto y truncado hasta de 2 µm. Excípulo octal de textura intrincada formado de hifas entrelazadas, hialinas, de pared delgada, de 6-9 µm de diámetro.

Hábitat; solitario o gregario, húmico en bosque de coníferas o bosque encinos

Material estudiado: **Suecia.** Upland Börje parish «Bösslinge skog» of Börje Railway station near Uppsala), 15/5/945, *S. Ludell s.n.* (K). **Francia.** s.l., *Desmazieres 1803* (P).

El concepto seguido en este trabajo para esta especie es el de Kotlaba y Pouzar (1974) y Harmaja (1973), quienes consideran que *G. gigas* presenta esporas fusiformes con un apículo mas o menos pronunciado. El concepto de Mcknight (1971) considera que *G. gigas* tiene esporas anchamente elípticas y no presenta apículo y que además hay dos especies muy relacionadas: *G. montana* (Harmaja, 1973) y *G. korfii* (Raitviir, 1970), que son conespecíficas con la primera. La confusión del significado de esta especie proviene de la conjetura de que las ilustraciones de Krombholz realizadas por A. J. Corda fueron mezcladas (Kotlaba y Pouzar 1974, Weber 1988) y por esa razón *G. gigas* aparece en la ilustración original sin apículo. Como se menciono anteriormente este estudio sigue el concepto de *G. gigas* de autores europeos, ya que la especie fue descrita de Checoslovaquia de donde ha sido colectada frecuentemente (Kotlaba y Pouzar, 1974). Los equivalentes Norteamericanos de esta especie son *G. korfii* y *G. montana*, consideradas en este estudio como especies válidas, apoyado por el patrón de ornamentación que presentaron las esporas al microscopio electrónico (Medel y Marmolejo, 2005) y son especies independientes de *G. gigas* y de *G. fastigiata* especies afines.

***Gyromitra infula*** (Schaeff.: Fr.) Quél., Enchridion Fungorum p. 272, 1886.

≡ *Helvella infula* Schaeff. : Fr, 1823, Sistema Mycologicum 2, 17. 1823.

≡ *Helvella infula* Schaeff., Fungorum qui in Bvaria et Palatinau circa Ratisbonam nascuntur icones 4: 105. 1774

= *Helvella friesiana* Cooke, Mycographia seu Icones Fungorum 1: 195, 1875

= *Gyromitra columbiana* Harmaja, Karstenia 26(2): 4, 1986 (fide Abbott y Currah, 1997) .

### **Figs 15-16**

Apotecio estipitado, en forma de silla de montar o irregularmente lobado, a veces bilocado, margen típicamente fusionado al estípite, himenio café amarillento, café naranja raramente café rojizo oscuro, nunca con tonos violáceos, superficie externa de color blanco a café pálido, pubescente. Estípite de color crema pálido a de color café grisáceo, cilíndrico o ensanchado hacia la base, aplanado en la base, pubescente cuando joven. Ascas de 200-300 x 12-17 µm, cilíndricas, octosporadas. Esporas largamente elípticas de Parafisis cilíndrico-claviformes de 7-9 µm de diámetro. Excípulo de textura intrincada formado por hifas hialinas, de pared delgada de 6-9 µm de diámetro, hialinas, septadas de pared delgada.

Hábitat: lignícola y humícola, solitario o en grupos en bosque de coníferas raramente en bosque de encinos y mesófilo de montaña.

Material estudiado: **Austria.** Fiscal et Edlitz ad Wiener-Neustadt, *H. Huber & M. Gruber s.n.* (K). Prov. Tyrol, Vogelberg, *E. Bommer y M. Gruber 00/10/1910* (BR), Prope Fischau et Edlitz, Ad Wiener-Neustadt, *H. Huber y M. Gruber* (Kryptogamae exsiccatae 2733 (BR). **Bélgica.** s.l. 0/7/1912, *Libert s.n.* (BR); Prov. Brabant, Haverlee, Haverleebos, 2/11/1996, *Terclavers s.n* (BR); Prov. Liege, Malmédy (Fungi Galici exsiccati 1208) *Roumegere s.n.* (BR). **Brasil.** Prázeres, Levada Calheta-Ponta do Pago, 19/3/ 1995, *Spooner s.n.* (K). **Canadá.** Alberta, Spruce Grove, *Abbott 897* (K), Devonian Botanic Garden near Edmonton 9/9/1995, *Abbott 1136* (K); Ontario, Lake Opeongo Algoquin park, 20/9/1956, *Cain 32710* (K), University of Toronto forest Haliburton, 17/9/1966, *Cain 4450* (K). Quebec. Mount Burnet, 16/10/1934, *M. Timonin 2043* (FH); 5/10/1835, *Connors 2655* (FH). **Checoslovaquia,** Kubani, Natuurreservaat, 30/8/1960, *J. Moens s.n.* (BR). **Costa Rica.** Cuerici, Talamanca Ridge, *L.D. Gomez 3234* (K) **China,** Sichuang (Szechuang Province) Hsingcheng County, 12/8/1981, *Li X.J. 1991*, 1/2/82, *Zang Mu 8605* (FH), Sichuang (Szechuang Province), Hsingcheng County, Wu Gun Mt., 12/8/1981, *Li.X.J. s.n.*(FH), 27/1/1982, *Zang Mu 8331* (FH). **Estados Unidos.** New Hampshire. Shelburne, *Farlow s.n.* (FH). Idaho, Above Smith Creek, 15/7/1936, *G.& R. Rossbach 43* (FH), Chocorua 0/9/1904, (FH). Minessota, 21/8/1988, *Pfister, Stewart & Palm* (FH), Prest River, 0/10/1920, *J.R. Weird s.n.* Nueva York, Albany North Elba, *Plowright 1953* (K). Wisconsin. Maute Lake, Rec. Area N Unit—Kettle Mora NE St. Forest; fond du lac County, 10/11/1975, *Burdsall Jr, 8722* (FH). Minessota, Schoolcraft Trail, Lake Itasca Vermont. Mont Willoughby, Augt. 1890 (FH). Nueva York, Road 27, Rhododendron summit power station near highway 26 west of Mount Hood, National Forest Clackamas, 11/11/1997, *S. Carpenter 495* (FH).

Oregon, Takilma, Josephine, 12/12/1925, *Kauffman* s.n. (K, ex MICH). Hungría. Budapest, Horthy M. trt 3, 14/5/1993, *A. P'enzes* (K). **México**. Material citado de Coahuila, Distrito Federal, Durango, Estado de México, Guanajuato, Morelos, Guerrero, Nuevo León, Oaxaca, Puebla y Veracruz en Medel (2006b, ver anexo). **Pakistan**. Patriota M'unee Hill, 16/8/1953, *S. Ahmad* (K). **Slovakia**. Dolroî Virgin forest, 24/9/1965 (K). **Suecia**. Uppland Vaksala parish J'alla, 25/9/1949, *A. Melderis* s.n. (K?) Bondkyrka parish <Gottsunda skog> near Upsala, 3/10/ 1949, *Lundell* s.n. (K), **Suiza**. Uppsala ex Herb. J.M. Berkeley (holotipo, K).

La forma bilobada del apotecio con tonos café-anaranjados son características de esta especie. La cual esta cercanamente relacionada con *G. ambigua* de la que se diferencia por que esta última presenta esporas más grandes con un apículo hasta de 2.5 µm. La revisión del material tipo (lectotipo de *H. friesiana* fide Harmaja, 1969b) coincide en general con las características del material revisado (ver discusión en Medel, 2006b). Es una de las dos especies que presenta amplia distribución.

***Gyromitra korfii*** (Raitv.) Harmaja, Karstenia 13: 56, 1973

≡ *Discina korfii* Raitv., Tartu riikliku ülikooli toimetised 258. Botánika alased tõõd 9:371. 1970 (fide Harmaja, 1973).

#### **Figs. 17-18**

Apotecio estipitado, irregular a elipsoide, plegado, convoluto y ancho (a veces tan ancho como el estípite). Himenio de color amarillento a café-amarillento u ocráceo en seco, semilibre. Superficie externa de color amarillento café claro, más pálida que el himenio. Estípite grueso y carnoso, hueco, hasta 60 mm de diámetro en seco, con costillas longitudinales de bordes redondeados, blanco o beige, liso, aunque en ejemplares jóvenes se observa furfuráceo. Ascas de 350-400 x 16-20 µm. Esporas elítico fusoides, de 28-32 x (12- ) 13 -14 µm, con un apículo de 3 -5 µm, con tres gutulas, lisas en KOH, ligeramente rugosas en azul de algodón. Parafisis de 7-10 µm, septadas, de color ligeramente amarillentas en KOH 5%, Excípulo de textura intrincada formado por hifas de 10-12 µm de diámetro, hialinas, septadas, de pared delgada.

Hábitat: solitario o raramente gregario, en suelo o madera en descomposición en bosque de coníferas.

Material estudiado. **Estados Unidos.** Michigan, Strinchfield Woods NV57, Dexter Washtenau, 6/5/1979, *A.H. Smith 89424* (K ex MICH). West of Pawling, Dutchess county, 13/5/ 1901, *C.T. Rogerson, S. J. Smith & C. Allen 3940* (paratipo CUP).

En este estudio se siguió el criterio de Harmaja (1973), Weber (1988) y Medel y Marmolejo (2005), de considerar a *G. korfii* como un taxón válido, este concepto es contrario al de Mcknight (1971) quién trato esta especie como parte de *G. fastigiata*, pero Harmaja (1973) argumentó que el nombre está mal aplicado. Abbott y Currah (1997), quienes mencionaron que *G. korfii* es conespecífica con *G. gigas* y *G. montana* (ver discusión en *G. gigas*) y aceptan un concepto amplio de esta especie. Sin embargo, diferencias en la medida (Harmaja 1973) y principalmente ornamentación de esporas al microscopio electrónico así como la forma del apículo (Medel y Marmolejo 2005), sugieren que esta es una especie diferente, la cual se distribuye en Norteamérica.

***Gyromitra leucoxantha*** (Bres.) Harmaja, Karstenia 9: 11, 1969  
= *Discina leucoxantha* Bres., Rev. Mycol. 4. 212, 1882  
= *Gyromitra larryi* (Mcknight) Harmaja, Karstenia 15: 30: 1976 (fide Abbott y Currah, 1997).

Apotecio subsésil, de 10-65 mm de diámetro y 35 mm de altura a 5-15 mm de alto en seco, irregularmente cupulado a reflexo, himenio de color ocráceo, café naranja claro u oscuro en seco, undulado, rugoso, superficie externa de color blanquecina a de color café pálido, pubescente, liso o con costillas en la base. Estípite evidente o a veces inmerso en el sustrato, central de 5-15 x 5-10 mm, blanco a de color café pálido, pubescente, con costillas anchamente redondeadas, sólido. Ascas de 379-425 x 20-25 µm, Esporas subfusoides, de (32- ) 35-40 x 12-16 µm incluyendo el apículo depreso que



mide hasta 3.5  $\mu\text{m}$  largo, superficie ornamentada con un retículo, bigutuladas raramente unigutulado. Parafisis clavadas de 7-11  $\mu\text{m}$  de diámetro, en la porción apical, de color ocráceo pálido, Excípulo de textura intrincada con hifas hasta de 14  $\mu\text{m}$  de diámetro.

Hábitat: solitario en suelo o humus, en bosques de coníferas.

Material estudiado. **Austria.** Prov.Tirol, Prope Innsbruck, Hunngerburg, *C. Keissler* (BR). **Estados Unidos.** PQ, Pinkd lske, Gatineau Park, 10/5/1979, *S.J. Hughes* (FH). Nueva York, Meads woods, west of Tripoli school-house, town line between Kingsbury and Fort Ann. 5/5/1916, *Seaver* s.n. (FH). **Francia.** Hautes Alpes, Abriés, 0/7/1977, *N. Cnops* s.n. (BR). **Hungria.** Wallendorf, Rabenhorst (*fungi europaei* 805, (BR). **Suiza.** Valais, Les Crosets Val d'illiez, Porte du Soleil, 6/7/1994, *Heinemann* 8529 (BR), Neuchâtel, 0/0/1880, *Roumegère* s.n. (BR).

La especie se distingue por el apotecio cupulado, extendido, de color amarillo con tonos ocráceos a café amarillento en seco y por presentar esporas con un ápulo deprimido en los extremos de las esporas (Abbott y Currah 1997, Mcknight 1969, Weber 1988), que es un carácter único dentro del género, aunque por ornamentación, esta especie es afín a *G. gigas*, *G. perlata* y *G. olympiana*, las características antes mencionadas son las que las diferencian. La especie se distribuye en Estados Unidos y Europa.

***Gyromitra martinii*** Donadini & Astier, Bull. Trim. Soc. Mycol. Fr. 90: 193, 1974  
**Figs. 21-23**

Apotecio subsésil, cupulado, discoide, (hasta de 100 mm diámetro, según la descripción original), ligeramente ondulado en el margen, deprimido centralmente de donde parten los pliegues. Himenio de color café canela claro en fresco a de color café oscuro a casi negro con algunas zonas rojizas en seco. Superficie externa de color café claro a de color crema con tonos rosa. Estípites cortos de color blanco de 40-50 mm de longitud con estrías gruesas, que parten de la base hacia el himenio, anastomosadas que dan el aspecto de lagunas. Ascas de 440- 540 x 16-20  $\mu\text{m}$ . Esporas elípticas a veces se observan fusiformes de 30-35 (-40) x 13-15 (-17)  $\mu\text{m}$ , ápices redondeados, con una

gútula, con verrugas anastomosadas en una red, particularmente en las extremidades donde las verrugas llegan a elevarse como espinas hasta de 2.5  $\mu\text{m}$  de alto. Parafisis claviformes de 10-13  $\mu\text{m}$  de ancho en el ápice, contenido color café amarillento en KOH, granuloso. Excípulo de textura intrincada formado de hifas entrelazadas, hialinas de pared gruesa de 7-10 (-12)  $\mu\text{m}$  de diámetro.

Hábitat: solitario, creciendo sobre *Fagus silvatica*

Material estudiado. **Francia**, Saint Baume pres Marseille, 0/5/1973, *Donadini s.n.* (isotipo CUP).

El estípite corto con costillas longitudinales, el color del apotecio, el tamaño y ornamentación de las esporas y las parafisis con ápices deformes son caracteres diferenciales (Donadini y Astier, 1974). El material tipo se encuentra fragmentado de manera que es difícil la reconstrucción de la forma del apotecio, sin embargo, la descripción original (Donadini y Astier, 1974), menciona que el ascoma era cupulado. Esta especie es cercana a *G. parma* de la que difiere en el color del apotecio, hábitat terrícola y esporas más pequeñas. La diferencia con *G. perlata* es en el color, hábitat, estípite, esporas y ascas. *G. martinii* se conoce solamente de Francia de la localidad tipo.

***Gyromitra macrospora*** (Bubak) Harmaja sensu Mcknight. Mycologia 61: 622, 1969.

≡ *Discina macrospora* Bubak, Ann. Myc. 2: 395. 1904.

= *G. megalospora* Donadini & Rioussset, Bull. Trim. Soc. Mycol. Fr. 92: 314. 1976

**Figs. 19-20**

Apotecio, subsésil solitario a cespitoso, cupulado o repando, undulado en el margen y mas o menos recurvado, de 6-8 cm de ancho, carnoso, himenio de color café nuez o café avellana, superficie externa de color blanco grisáceo, sésil o cortamente estipitado, himenio libre del apotecio, estípite de 1-3 cm de alto por 1-2 cm de ancho,

compacto, casi blanco o pálido avellana, con costillas muy marcadas extendiéndose hacia el apotecio. Ascas de 350-450  $\mu\text{m}$ . Esporas fusiformes de 35-40 x 15-18 (-20)  $\mu\text{m}$ , con un apículo pronunciado de 6-8 (-10)  $\mu\text{m}$ , lisas en KOH, verrucosas, formando un retículo fino en azul de algodón, trigutuladas. Parafisis clavadas con el ápice ensanchado de 6-8  $\mu\text{m}$ , con contenido gruesamente granular de color café amarillento en KOH, Excipulo de textura intrincada, formado de hifas de 6-10  $\mu\text{m}$ , hialinas, septadas, de pared delgada.

Hábitat: solitario o gregario, en suelo, en bosque de coníferas.

Material estudiado: **Bohemia**. Talior, Tâbur, 29/4/1904, *Bubak* s.n. (holotipo BPI). **Canadá**. Québec, Gatineau Co. Cantley: Ginn's farm, 15/5/1979, *A. & J. Ginns 4169* (FH). **Estados Unidos**. New Hampshire, Chocorua, Piper Trail, along a forest trail, *Singer* s.n. (FH). Benton Co., near Bladgett, Benton, 26/3/1938, *Cooke 10065* (FH). Vermont. Windsor county, Norwich, 26/5/1997, *Griffith* s.n. (FH).

El apotecio cupulado de color café nuez y las esporas fusiformes, grandes, con apículo prominente, son caracteres diferenciales de *G. macrospora* (Mcknight, 1969). Esta especie está cercanamente relacionada con *G. perlata*, autores como Abbott y Currah (1997), han mencionado que son conespecíficas, Weber (1988) consideró que es difícil separar estas especies, sin embargo, la longitud de las esporas, el apículo prominente y el color café del apotecio son diferentes, ya que *G. perlata* presenta apotecio con tonos amarillos a ocráceo, en este trabajo se ha seguido el criterio de Mcknight (1969), quien consideró las características arriba mencionadas como suficientes para reconocer a *G. macrospora* como una especie diferente de *G. perlata*. La revisión de las esporas del material tipo dio una medida de 35-40 x 15-18 (-20)  $\mu\text{m}$ , con un apículo de 6-8 (10)  $\mu\text{m}$ , mientras que Mcknight (op. cit) citó esporas de (25-) 27-37 (-39.9) x 11-15  $\mu\text{m}$  con apículo de 3.5-5.3  $\mu\text{m}$ . La especie se distribuye en Estados Unidos y Europa.

***Gyromitra melaleuca*** (Bres.) Donadini, Bull. Soc. Linn. Prov. 28: 74, 1975

≡ *Discina melaleuca* Bres., Fungi Tridentini novi, vel nondum delineati 2. 74, 1898

≡ *Paradiscina melaleuca* Bres., Kulturpflanze 17: 275. 1969 (fide Harmaja, 1973).

**Figs. 24-26**

Apotecio sésil, discoide, de 20-40 mm de diámetro, himenio de color marrón rojizo a de color café oscuro cuando seco, con costillas o repliegues en el centro del disco, bordes lobulados y curvados hacia fuera, libre del estípite. Superficie externa de color blanquecina, a amarillenta en seco. Estípite corto, sólido menor a 10 mm de longitud. Ascas de 14-16  $\mu\text{m}$ . Ascosporas elípticas, con 2 gúttulas, lisas en KOH o ligeramente verrucosas en azul de algodón de 18-21 x 9-11  $\mu\text{m}$ , cianofílicas, ligeramente engrosadas en los extremos, pero sin apículo. Parafisis clavadas de 6-9  $\mu\text{m}$  septadas, de color amarillento café claro en KOH. Excipulo de textura intrincada, formado de hifas de 6-9  $\mu\text{m}$  de diámetro, septadas, hialinas de pared delgada.

Hábitat: solitario en bosque de coníferas.

Material estudiado: **Italia**. Gocciador, *Bresadola 1897* (holotipo S, isotipo CUP)

El apotecio discoide y las esporas elípticas con verrugas y sin apículo, son caracteres diagnósticos de esta especie, que originalmente fue descrita dentro del género *Discina* y posteriormente, fue cambiada al género *Gyromitra* subgénero *Melaleuroides* (Abbott y Currah, 1997) en base a similitud morfológica y ascosporas no apiculadas. Las esporas son a veces bigutuladas sin embargo, las gutulas son a veces diferentes en tamaño y asimétricas dentro de la espora. La especie es afín a *G. melaleuroides* pero esta última posee esporas globosas, *G. melaleuca* podría representar un lazo taxonómico entre los subgéneros *Melaleuroides* y *Discina* de acuerdo con Abbott y Currah (1997). La especie se distribuye en Europa (Breitenbach y Kranzlin 1981, De la Torre 1979).

***Gyromitra melaleucoides*** (Seaver) Pfister (1980); Mycologia 72: 615. 1980  
= *Gyromitra recurva* (Snyder) Harmaja, Karstenia 18: 57. 1978 (fide Pfister, 1980).

**Figs. 27-29**

Apotecio discoide irregular, hasta de 100 mm de diámetro en fresco, plano a repando, a veces ligeramente convoluto, con un estípite corto hasta de 30 mm de longitud, raramente más largo, de consistencia compacta. Himenio de color café claro, con tonos grises, más claro hacia la parte externa y el estípite, himenio libre del estípite. Superficie externa de color café claro. Ascas anchamente elípticas 180-220 x 10-15  $\mu$ m. Ascosporas globosas de 10-13 x 9-10 (-11)  $\mu$ m, bigutuladas, lisas en KOH, ornamentadas con verrugas pequeñas y cortas a manera de costillas pequeñas, en azul de algodón. Parafisis de 8-10  $\mu$ m, anchas en el ápice y septadas con contenido granuloso de color café amarillento en KOH. Excípulo ectal de textura intrincada formado por hifas de 6-10  $\mu$ m de diámetro, septadas, hialinas.

Habitat: solitario, en suelo o raramente en madera, en bosque de coníferas.

Material estudiado. **Estados Unidos.** Idaho. Big Flat below Devil's elbow, 6/6/1972, *Skates 1464* (FH). Split tree flat below Devil's elbow CDA Rivers, 6/6/1971, *Skates 1467* (FH). Blue Creek Road near Panhandle Nat'l Forest, Idaho. 14/5/1979, *Skates 5335* (FH). Oregon. Jackson, T 375R3E quarter section 22 Rogue River National Forest Ashland Range, district up trail behind camp Latgawa 100 yds down trail to trail Jct with RD 250085, 5/8/1998, *Green* s.n. (OSC). Lane T 17S, 6E NE quarter, section 27 Willamette National Forest, N of ridge from English Mtn. Horsepasture Mtn. Trail, Fondrick, 30/6/1998, *Madsen, Davis, & M. Trappe* s.n. (OSC). Ca Trinity, Shasta National Forests, Raymond flat Trailhead, 31/5/1998, *T. O'Dell* s.n. (OSC).

El apotecio cupulado subsésil, el color café grisáceo y las esporas casi globosas, ornamentadas con verrugas pequeñas son caracteres diferenciales de esta especie. De acuerdo con Pfister (1980), esta especie representa una forma intermedia que no se ajusta del todo en los géneros *Discina* o *Gyromitra*, sin embargo, siguiendo a Harmaja (1969a), por el momento *Gyromitra* es la mejor opción, para esta especie. Abbott y

Currah (1997) propusieron el subgénero *Melaleuroides* para ubicar esta especie y a *G. melaleuca*, ambas especies presentan esporas bigutuladas, parecidas a las del subgénero *Gyromitra*, pero *G. melaleuca* presenta esporas elipsoides y no globosas. La especie se distribuye solo en Norteamérica (Pfister, 1980).

***Gyromitra montana*** Harmaja, Karstenia 13: 56, 1973.

**Figs. 30-32**

Apotecio estipitado, giroso de 55-30 mm (en seco) de color café claro o café amarillento con tonos rojizos o raramente violáceos. Superficie externa de color blanquecina, lisa. Estípote de 28 x 23 mm de color beige blanquecino con depresiones o costillas a lo largo del mismo, compacto, libro del apotecio Estípote de 2-14 cm de largo por 3-15 cm de diámetro, carnoso, hueco, con canales anastomosados, con costillas longitudinales, de bordes redondeados, de color blanco o casi blanco. Ascas de 350- 400 x 18-24  $\mu\text{m}$ . Esporas lisas en KOH 5%, rugosas al MEB, de (28-) 32-35 x 12-15 (-17)  $\mu\text{m}$ , con un apículo de 1-3  $\mu\text{m}$ . Parafisis de 8-10 (12)  $\mu\text{m}$ , septadas, con gránulos color ocráceo en KOH, en la parte superior solamente. Excipulo de textura intrincada, formado de hifas hialinas de pared delgada de 5-10  $\mu\text{m}$  de diámetro.

Hábitat: solitario o gregario, sobre suelo en bosque de coníferas.

Material estudiado: **Estados Unidos**. California, Merrimac, Route 6, 5/5/1933, T. Norman s.n. (FH). Colorado Butte Meadows, 18/6/1938, Copeland s.n. (FH). Idaho. 0/3/1899, Boudier s.n. (FH). Wyoming. Swamp at Headquarters Park, Medicine Bow Mts., Carbon Co., *Solheim 1651*. (NY, dupl. FH); Teton, Co., *K. Mcknight & J.B. Mcknight* (isotipo BPI).

Esta especie, *G. korfii* y *G. gigas* forman un complejo de especies. Las características diagnósticas de esta especie son las esporas anchamente elípticas con la superficie ligeramente rugosa y un apículo pequeño. Fue descrita por Harmaja (1973), quien enfatizó las diferencias entre las esporas de las especies involucradas en este complejo, *G. montana* presenta al microscopio electrónico esporas con ornamentación

de fina a medianamente rugosa (Medel y Marmolejo, 2005), muy diferente al patrón que presenta la *G. gigas* de Europa estudiada por Harmaja (1976). La revisión del material tipo confirma la suposición de que esta es una especie válida.

***Gyromitra olympiana*** Kanouse (Harmaja), Karstenia 13: 56, 1973

≡ *Discina olympiana* Kanouse, Mycologia 39: 648, 1947 (MICH)

= *Discina olympiana* var. *diluta* Mcknight, Mycologia 61: 625 1969 (fide Abbott y Currah, 1997)

= *Discina apiculatula* Mcknight, Mycologia 61: 616, 1969 (Holotipo BPI examinado)

= *Gyromitra apiculatula* (Mcknight) Harmaja, Karstenia 13: 56. 1973.

**Figs. 33-35**

Apotecio discoide, cupulado, undulado, depreso en el centro, de 12-50 mm de diámetro en seco, con el margen enrollado. Himenio libre, de color café amarillento, café rojizo oscuro o café oscuro en seco, superficie externa de color café pálido, crema a de color café-naranja en seco. Estípite ausente o muy rudimentario y con estriaciones finas que se extienden hacia la parte del himenio no mayor de 4 mm de altura. Ascas cilíndricas, estrechándose en un estípite largo, el cual fácilmente se colapsa, con la parte que contiene las esporas de 275-300 x 20-22  $\mu\text{m}$ , uniseriadas, inamiloides. Esporas elípticas con un lado recto de (26-) 35-40 x 15-20  $\mu\text{m}$ , con un apículo hasta de 2  $\mu\text{m}$ , lisas en KOH, finamente rugosas en azul de algodón, hialinas, unigutuladas. Parafisis septadas de 7-10 (-13)  $\mu\text{m}$ , con contenido gruesamente granular de color café-amarillentas en KOH. Excípulo medular de textura intrincada formado por hifas septadas, hialinas de pared delgada de 6-12  $\mu\text{m}$  de diámetro.

Hábitat: solitario o gregario en suelo o húmico en bosques de coníferas o en bosques mixtos.

Material estudiado: **Estados Unidos**. Washington. Boulder Lake trail Olympic National Park, Clallam Co, *A.H. Smith 13828* (MICH, horopito). Utah, Col. 2 miles North Aspen Grove, *K. Mcknight y B. Mcknight 1977* (BPI isotipo).

Esta especie fue descrita por Kanouse (1947), de Estados Unidos y está cercanamente relacionada con *G. gigas* de la que se separa por la presencia de apículo, color del apotecio y el hábitat y con *G. perlata* por la forma del ascocarpo, las esporas estrechamente fusoides, con un apículo prominente. En *G. olympiana*, las esporas parecen tener 3 lados y en algunas esporas el apículo es inconspicuo. Las notas de Kanouse incluidas en el material tipo mencionan esporas hasta de 30 x 6  $\mu\text{m}$ , las medidas del material tipo examinado fueron mayores, hasta de 40  $\mu\text{m}$ . La especie se conoce de Estados Unidos, aunque existe un registro bibliográfico de Europa (Donadini, 1986).

***Gyromitra parma*** (J. Breitenbach & Maas Gesteranus) Kotlaba & Pouzar, Ceska Mykol. 28:91. 1974

$\equiv$  *Discina parma* J. Breitenbach & Maas Gesteranus, Proceedings Koninklijke Nedelandse Akademie van Wetenschappen, Series C, Biological and Medical Science 76:101-108. 1973.

**Figs. 36-39**

Apotecio discoide, casi plano, undulado hacia las orillas con la parte central depresa, de 45 x 30 mm, parte central depresa de color café-ferruginoso más oscuro hacia el centro. Superficie externa de color amarillo pálida a marfil, pubescente, con pliegues a manera de costillas que salen del estípite hacia la parte externa del apotecio, margen libre. Estípite, blanquecino, sólido con una depresión en el centro, velutinoso, de 25 mm x 8-15 mm. Esporas elípticas, de 30-35 (-37) x 13-17  $\mu\text{m}$ , ornamentadas con un retículo espaciado que llega a extenderse en los ápices en forma de espinas, unigutuladas. Parafisis cilíndricas, clavadas en el ápice de 8-10  $\mu\text{m}$ , hialinas en KOH, septadas. Excipulo de textura intrincada, formada por hifas de 6-10  $\mu\text{m}$  de diámetro.

Hábitat: solitario, terrícola en bosque de coníferas.

Material estudiado: **Suiza**. Canton, Obewalden, near Grafenort Von Bueren 19/5/1972 (holotipo K (M))



*G. parma* se separa de las otras del subgénero *Discina* por su apotecio subsésil y el ascoma cupulado irregularmente, con costillas en la parte externa. La ornamentación de las esporas es en forma de espículas apicales, más desarrolladas que en las otras especies que las presentan, lo que constituye un carácter diferencial. De acuerdo con Breitenbach y Kranzlin (1981), el hongo amarillo-café en fresco con la superficie externa de color amarillo pálido o beige de aspecto viloso. Esta especie se distribuye solamente en Europa Central (Breitenbach y Kranzlin 1981).

***Gyromitra perlata* (Fr.) Harmaja, Karstenia 9:11. 1969**

≡ *Peziza perlata* Fr., Sistema Mycologicum 2: 43. 1823.

≡ *Discina ancilis* (Pers.) Sacc., Syll. Fung. 8: 103. 1889

= *Gyromitra ancilis* (Pers.: Fr.) Kreisel, Boletus SchrReihe 1: 29. 1984

= *Gyromitra fluctuans* (Nyl.) Harmaja, Karstenia 26 (2) 42: 1986 (fide Mcknight 1969, Harmaja 1986)

= *Gyromitra warnei* (Peck) Harmaja, Karstenia 13: 56 1976 (fide Abbott y Currah, 1997)

= *Discina warnei* Peck, Ann. Rep. N. Y. State Mus. 30: 59. 1878.

**Figs. 39-41**

Apotecio sésil o con un estípote muy corto, discoide o cóncavo hasta de 60 mm de diámetro en seco. Himenio de color amarillento café claro a oscuro en seco. Superficie externa de color café amarillento a café amarillento o café claro en seco. Ascas cilíndricas 320-380 x 16-19 µm. Esporas fusoides algunas se observan elípticas, de 25-35 x 8-16 µm, con un apículo bien marcado hasta de 3 µm. Parafisis cilíndricas, ensanchadas hacia los ápices de 6-9 µm, ramificadas en la parte basal, septadas. Excipulo de textura intrincada, formado de hifas entrelazadas, hialinas de pared delgada de 6-10 µm de diámetro.

Hábitat: húmico, solitario o gregario, húmico, en bosque de coníferas.

Material estudiado: **Austria**, In Vorarlberg, Bei Feldkirch, *J. Rick in Rehm* (Ascomycetes 1261, K). **Bélgica**. Prov. Namur, Houx, Vers Poilvache, 21/4/1977, *N. Cnops* s.n. (BR); Prov. Namur, Biron, 12/V/1969, *Heinemann* 4588 (BR); Prov. Namur, Ivoir, Pessière, 6/5/1973, *Heinemann* 5349 (BR); Prov. Namur, Houx (Yvoire) Pessière, /0/IV/1977, *Heinemann* 629 (BR); Prov. Namur, Poilvache Houx (Yvoire), 13/4/1977, *Heinemann* 6297 (BR); Prov. Luxembourg, Gerouvillém 17/4/1992, *Fraiture* 1551

(BR); Prov. Luxembourg, Etalle, 29/4/1992, *Fraiture 1557* (BR); Prov. Luxembourg, Achouffe, 22/4/1957 *Monnens* s.n. (BR). **Estados Unidos.** sin loc., 8/7/1937, *Cooke 10190* (FH). *Discina ancilis* Britl Col. 5/11/1938 slide by K. Mcknight, Kootenay Lake, 11/5/1938, *T. McCabe* s.n. (FH). On Shasta fir duff. At Horse Camp, 7/7/1937, *F.J. Seaver 10190* (FH). Nueva York. Labrador Lake near Tully, on moist bank in woods. 12/5/1935, *M.L. White & H.H. Whetzel 1* (FH). Oneida N.Y. 18/5/1985, *Warne* s.n. (FH). **Francia.** Hautes Alpes, Arvieux, 11/6/1971, *Heinemann 5034* (BR), Prov. Hautes Alpes, Valpreyvere, Abries, 12/6/1971, *Heinemann 5055* (BR).

Esta especie es la especie tipo del género *Discina*, el concepto de *G. perlata* es muy amplio, constituye un complejo de especies con *G. warnei* y *G. macrospora*, mismas que algunos autores consideran conespecíficas, argumentando que las formas desviadas en cuanto al apículo, tamaño y forma de esporas y diferencias ligeras en el tamaño, no son consideradas distintas a nivel específico (Abbott y Currah, 1997). En este trabajo *G. macrospora* se considera una especie válida y diferente de *G. perlata*, no así *G. warnei* que es conespecífica. Esto de acuerdo con el concepto de Seaver (1928), Weber (1988) también tiene sus dudas sobre estas especies debido a que morfológicamente no son distinguibles. *G. macrospora* es diferente de *G. perlata* sensu stricto en su largo apículo (3.5-5-  $\mu\text{m}$ ) y esporas subfusoides. Esta especie se distribuye en Europa y Estados Unidos (Mcknight 1969, De la Torre 1979, Abbott y Currah 1997, Weber 1988).

***Gyromitra sichuanensis*** Korf & DW.Y. Zhuang Mycotaxon 22: 491, 1985.

**Figs. 42-43**

Ascocarpo estipitado, hasta de 40 mm de diámetro en seco. Himenio de color siena oscuro café rojizo. Superficie externa de color paja, margen libre. Estípite cilíndrico, color paja hasta de 3.5 cm de longitud por 10 mm de diámetro cuando seco. Excipulo ectal de textura intrincada, con hifas hialinas de pared delgada, algo perpendiculares de la superficie exterior. Ascas de 8 esporas cilíndricas, negativas en

Melzer de 180-190 x 11.7-14.5  $\mu\text{m}$ . Ascosporas elipsoides, 16.8-20.2 x 7-8.3  $\mu\text{m}$ , bigutuladas o con varias gutulas irregulares cuando jóvenes, con marcas densas finamente cianofilicas, ocasionalmente arregladas hasta formar agregaciones en forma de crestas. Parafisis filiformes, septadas ligeramente anchas en los ápices 4.5-6.5  $\mu\text{m}$  en el ápice, 4-5.8  $\mu\text{m}$  abajo. Excipulo octal de textura intrincada.

Hábitat: solitaria, lignícola, a entre 3500-4350 m de altitud, en bosques de *Rhododendron*.

Material estudiado: **China**. 9/9/1997, Hibbet & Zhuang s.n. (FH). Alpine meadows and Rhododendron thickets along ride on west side of highway, Xiangcheng County, Sichuani, 12/8/1981, Xin-jiang Li s.n. (isotipo e isoparatipo CUP-CH 2522 y 2523).

El isotipo revisado consta de laminilla donde se pueden observar las esporas con una ornamentación típica la cual forma crestas en los extremos de las esporas, carácter no observado en otras especies del género, sin embargo, no se pudo precisar la forma del apotecio, la descripción original menciona que *G. sichuanensis* es una especie cercana a *G. infula* por lo que se supone que la forma del apotecio es bilobada, (Korf y Zhuang, 1985) como notas la descripción original menciona que las esporas marcadas peculiarmente y la estatura algo pequeña distinguen a esta especie de *G. infula* y sus allegados. Esta especie es endémica de China.

***Gyromitra spinosospora*** (Luchini & Peland.) A. Kock, Christan & Lohmeyer. Mykol. Bav. 1: 47. 1996  
= *Discina spinosospora* Luchini & Peland., Schweiz Z. Pilze 67: 186. 1989.

**Figs. 44-45**

Apotecio de 2-6 (-8 ) cm de ancho, subgloboso, cupulado discoide irregular, subaplanado, undulado lobado, margen sinuoso, crenulado raramente liso?, himenio glabro ruguloso en el centro de color café avellana a de color café oscuro. Superficie

externa ligeramente pubescente de color de color beige café a café más claro que el himenio. Esporas anchamente elípticas, se observan fusoides debido al apículo, de 23-30 x 12-16  $\mu\text{m}$ , provistas de espinas largas, apículo muy marcado (como una gruesa espina) de 6-7  $\mu\text{m}$ , Parafisis cilíndricas con el ápice engrosado, de 6-9  $\mu\text{m}$  de diámetro, septadas de color café amarillentas en KOH, algunas se observan con contenido granular. Excipulo de textura intrincada formado de hifas, hialinas, de pared delgada de 5-10  $\mu\text{m}$  de diámetro.

Hábitat: gregario, húmico en Bosque con *Salix* y *Agnus*.

Material estudiado: **Suiza**. Comune di Ghirone, frazioni di Basélga, Localita Alnéid, 10/6/1984, *M. Candeago s.n.* (holotipo LUG).

Esta especie originalmente descrita en el género *Discina*, es una de las más interesantes en el género ya que el patrón de ornamentación es bien diferente de lo que se conocía del género, la ornamentación de las esporas al MEB es muy singular y diferente de las otras especies de *Gyromitra* que se han citado. Probablemente pertenece al subgénero *Discina* debido al apotecio casi sésil y cupulado. El material tipo está completamente fragmentado, por lo que no se aprecia la forma original del apotecio, de los fragmentos se observa que en seco el himenio es de color café oscuro, con superficie externa rugosa de color café claro o beige con ligeros tonos anaranjados. El material revisado difiere un poco en la medida que se da en la descripción original que es de 28-33 x 15-18  $\mu\text{m}$  (Luchini y Pellandini, 1991) y las medidas tomadas (n=40) son más pequeñas. Esporas de 23-30 x 12-16  $\mu\text{m}$  con un apículo hasta de 6-7  $\mu\text{m}$  en forma de espina gruesa. La especie solo se conoce de Suiza.

***Gyromitra splendida*** Raitv., Folia Crypt. Est. 4: 1. 1974

= *G. longipes* Harmaja, Ann. Bot. Fenn. 16, 159. 1979 (fide Huhtinen y Rouatsalinen, 2004)

**Figs. 46-47 y 54-55**

Apotecio muy parecido a *G. esculenta*, en su morfología, solo que presenta un estípite largo (2/3 de la longitud total) y esporas anchamente elípticas de (23- ) 25-30 x 11-13 µm, lisas en KOH y azul de algodón, con los extremos engrosados a manera de apículo hasta de . Parafisis septadas de 7-10 µm, rojizas en KOH.

Hábitat. Solitario, húmico o lignícola en bosques de coníferas.

Material estudiado. **Estonia**. Viljandi Co., near village Tia, 25/5/1973, L. Järva s.n. (holotipo, TAA 46650).

Raitviir (1974) describió *G. splendida* Raitv., como una especie que prosperaba en bosques de pino, muy similar morfológicamente a *G. esculenta* incluso en la presencia de tintes violeta que son característicos de esta última. pero con esporas subfusiformes, bigutuladas con un corto apículo de 23-28 x 11.5-13.5 µm; en la discusión este autor menciona que las diferencias con *G. esculenta* eran estípite largo y el himenio no tan ancho como en *G. esculenta*, pero que estas dos especies podrían confundirse morfológicamente y que ambas representaban un notable ejemplo de evolución paralela. Más tarde Harmaja (1979) describió otra especie *G. longipes* Harmaja, diferente de *G. esculenta* por el píleo más oscuro, estípite con tonos claramente violetas y esporas fusiformes de 20-25 x 9-10 µm con un apículo de 1-2 µm y gutulas más grandes. Huhtinen y Rouatsalinen (2004) sugirieron conoespecificidad entre *G. splendida* y *G. longipes*, para más detalles ver discusión en Medel (2006b).

***Gyromitra tasmanica*** (Berk.) Berk. & Cooke, Cooke, Mycographia seu icones fungorum 1: 193, t 90, f. 331, 1878.

**Figs. 48-50**

Apotecios estipitados de 30x30 mm de diámetro y ascocarpos de 40-60 mm de altura, irregular, con el margen grueso y ondulado. Himenio de color café a café rojizo, a de color café oscuro en seco, márgenes libres. Superficie externa de color café claro en seco, pubescente. Estípite recto, cilíndrico de 20-30 (-60) x 3-10 (-12) mm liso, blanquecino, compacto. Ascas subcilíndricas de 200-250 x 11-14  $\mu\text{m}$ . Esporas uniseriadas elipsoides o elípticas elongadas, lisas, hialinas, con dos pequeñas gúttulas en cada lado de la espóra, de 23-30 x 10-13 (-15)  $\mu\text{m}$ . Parafisis cilíndricas, clavadas alargadas y de ápices de color café. Excipulo octal de textura intrincada, formado de hifas entrelazadas de 6-10  $\mu\text{m}$ , hilitas, septadas de pared delgada.

Hábitat: solitario, húmicola en bosques de *Notophagus*.

Material estudiado: **Tasmania**. Coll. ex Herb. M.J. Berkeles (tipo K). **Nueva Zelanda**, 28/8/1959, *N. J. Stewar* s.n. (K). Wellington, W. Travers (K ex Herb. M. Cooke).

Esta especie está cercanamente relacionada con *G. esculenta*, pero se diferencia por el pobre desarrollo del píleo que es completamente libre del estípite, es aceptada como una especie distinta del hemisferio sur a la par de *G. antarctica* su equivalente del continente Americano de Chile y Argentina. Difiere en su pequeña estatura y margen del apotecio completamente libre. Las notas del material tipo mencionan esporas de 30 x 9-10  $\mu\text{m}$ , mientras que las del material revisado fueron más pequeñas de 23-30 x 10-13 (-15)  $\mu\text{m}$ . De acuerdo con Abbott y Currah (1997), varios especímenes de morfología similar a *G. tasmanica* se encontraron entre las colecciones del noreste de Norteamérica pero fueron incluidos en la variable *G. esculenta*. La especie se distribuye en Tasmania y

Nueva Zelanda, también fue citada por De la Torre (1979) de España, sin embargo este registro debe confirmarse.

***Gyromitra xinjiangensis*** J. Z. Cao, L. Fan & B. Liu Acta Mycol. Sinica 9 (2) 105, 1990 Figs. 51-53.

Pileo regular a irregular en forma de silla de montar de 2.5- 10 cm de ancho y de 2-7 cm de alto, margen no revoluto. Himenio de color café rojizo, superficie externa de color pardo amarillento, estípite cilíndrico a comprimido, de color pardo a café obscuro, de 1-4 cm de largo y de 1-2.5 cm de ancho, plano a ruguloso a veces ramificado. Ascas cilíndricas de 170-200 x 13-15  $\mu\text{m}$ . Ascosporas elípticas a elípticas-fusoides de 20-25 x 8-11  $\mu\text{m}$ , verrucosas, con pequeñas gutulas. Parafisis filamentosas, septadas, ligeramente ramosas de 4-5  $\mu\text{m}$ , engrosadas en el ápice, en forma de gancho, de color ferruginoso. Excipulo de textura intrincada, formado por hifas delgadas, ramificadas, septadas, de 5-12  $\mu\text{m}$  de diámetro, hialinas.

Hábitat: lignícola, solitario en bosque de coníferas.

Material estudiado: **China**. Zhangye, Provincia Gansu Sinarum, 3/9/1958, *Ma-Qi-Ming* 794 (paratipo HMAS).

La especie está cercanamente relacionada con *G. infula*. El material tipo consiste de un solo ejemplar, de aspecto claramente giromitroide de color café rojizo, el estípite presenta depresiones a lo largo del mismo, el himenio se observa completamente libre del estípite. La especie se conoce solamente de China (Cao *et al.*, 1990).

## Especies dudosas

***Gyromitra chirripoensis*** L. D. Gomez, Rev. Biol. Trol. 20.131.1972.

Esta especie fue descrita de Costa Rica por Gomez (1972) y no se ha vuelto a mencionar en la literatura. De la descripción llaman la atención la forma del cuerpo fructífero que es alargada y levemente girosa y las ascosporas que son de amarillentas (en *Gyromitra* siempre son hialinas) con 2-3 gutulas grandes, en la fotografía de las esporas, se observan dos gutulas como en las típicas *Gyromitras* y en el caso de que presenten 3, serían una grande y dos pequeñas. El autor las mencionó como 2-3 gutulas grandes. Sin embargo, el tipo no se localizó por lo que la identificación no pudo ser corroborada.

***Gyromitra lactea*** J.Z. Cao, L. Fan & B. Liu, Acta Mycol. Sinica 9 (2): 103, 1990

La especie fue descrita de China por Cao *et al.* (1990), la descripción original menciona que el apotecio es discoide sin estípite o casi nulo de color blanco y esporas elípticas de 20-22.5 (-26) x 10-12.5  $\mu\text{m}$ , lisas a verruculosas, la mayoría unigutuladas raramente bigutuladas, parafisas filamentosas, septadas, hialinas, moderadamente ramificadas, el tipo solicitado a HMAS no estuvo disponible. Sin embargo, el color del apotecio no corresponde a los que se presentan en *Gyromitra*, así como las esporas unigutuladas, probablemente se trate de una especie cercana a *Helvella lactea*.

***Gyromitra accumbens*** Harmaja, Karstenia 26. 41. 1986

La única referencia que existe de esta especie es la de Harmaja (1986), este autor mencionó que debido a que el tipo estaba perdido, designaba un holotipo en este trabajo el cual se encuentra en el Herbario de Ernst Rahm en Suiza.



***Gyromitra discinoides*** (Imai) Imai, SCI. Rep. Yokohama Univ. Sect II 3p. 31. 1954

Esta especie fue descrita de Japón y no se ha vuelto a mencionar en la literatura, ni se ha localizado el material tipo.

***Gyromitra geogenius*** (Rehm) Harmaja *as geogenia*, Karstenia 15: 30, 1976

Aparentemente esta es una variedad de *G. perlata*, sin embargo, el tipo no fue localizado la única referencia reciente que se tiene es la nota de Harmaja (1986), donde solo se menciona que el tipo encuentra en el Herbario de Ernst Rahm en Suiza.

***Gyromitra intermedia*** Harmaja, Karstenia 15: 30, 1976

Esta especie fue descrita en el antiguo género *Paradiscina* como *P. intermedia* Kulturpflanze 17: 264, 1969 de Austria, no se encontró el tipo ni existe otra referencia de esta especie más que la descripción original, Harmaja (1976), la transfirió a *Gyromitra*.

***Gyromitra microspora*** (Donadini & Bozonnet) Harmaja, Karstenia 26: 43, 1986

Harmaja (1986), solo menciona esta especie en su trabajo sobre nuevas combinaciones de *Gyromitra*.

### **Especies excluidas**

***Gyromitra californica*** (W. Phillips) Raitviir, Eesti NSV Tead. Akad Toime. Biol. Ser. 14 (2): 320, 1965.

Actualmente esta especie pertenece al género *Pseudorizhina*, el cual es considerado un género diferente a *Gyromitra* por varios autores (Abbott y Currah 1997; O'Donnell *et al.* 1997).

***G. sphaerospora*** (Peck) 51 Report tab B Figs. 21-25, 1897 (Syll. Fung. VII 16)

=*Gyromitra gabretae* Kavina, Acta Bot. Bohem. III, 1942 Bohemia

Esta especie está adscrita al género *Pseudorhizina*, el cual contiene solo dos especies de las cuales esta es la especie tipo, a pesar de sus similitudes morfológicas con *Gyromitra*, es considerado un género diferente (Abbott y Currah 1997: O'Donnell *et al.*, 1997).

***Gyromitra phillipsii*** Massee (1895)

Sinónimo de *Sphaerosporella brunnea* (Alb. & Scwenitz.) Svreck y Kubicka  
Ceska Mykol. 15: 65. 1961.

***Gyromitra parvispora*** (Trigaux) Harmaja, Karstenia 26: 43, 1986

Esta especie corresponde actualmente a *Soweryella parvispora* (Trigaux) J.  
Moravec Mycol. Helv. 2: 85. 1986.

### **Nuevos registros de *Gyromitra* para México**

A la fecha son 22 las especies revisadas y reconocidas, que han sido recolectadas en 25 países incluyendo México, de donde se conocen tres especies de 13 Entidades. A la fecha se conocen tres especies, mismas que se distribuyen desde bosque mesófilo de montaña hasta bosque de *Abies*, en altitudes variables 2300 hasta 3600 m. Se encontró como nuevo registro para México a *Gyromitra ambigua* (P. Karst.) Harmaja, especie colectada en el estado de Michoacán y Morelos en bosque de *Abies* (Medel 2006b). Al mismo tiempo se encontró una colecta que es discutida ampliamente en Medel (2006b), la cual podría representar un taxon no descrito para la ciencia.

## Distribución de las especies

En relación su distribución, el género *Gyromitra* es boreal, y los registros más al sur los constituyeron dos especies: *G. antarctica* y *G. tasmanica*, la primera asociada a bosques de coníferas de Chile y bosques de *Notofagus* en La Patagonia y la segunda revisada de Tasmania y Nueva Zelanda. De acuerdo a su distribución, es muy probable que estas dos especies estén cercanamente relacionadas. Las especies ampliamente distribuidas tanto en Europa como en América fueron: *G. esculenta* y *G. infula*, aunque esta última es la de más amplia distribución. El género contiene especies que solo se conocen de Europa como son: *G. gigas*, *G. martinii*, *G. melaleuca*, *G. parma*, *G. spinospora* y solo una de Europa oriental: *Gyromitra splendida* que fue descrita de Estonia. Dos especies son endémicas de China: *G. sichuanensis* y *G. xinjiangensis*. Las especie que se encuentran tanto en Europa como en América son :*G. ambigua*, *G. leucoxantha*, *G. macrospora* y *G. perlata*. En América *G. caroliniana*, *G. fastigiata*, *G. korfii*, *G. melaleucoides*, *G. montana* y *G. olympiana* se conocen solo de Estados Unidos y Canadá. Existe información de que *G. esculenta* esta presente en Guatemala (O. Morales compers.) donde es objeto de venta en los mercados. También existen registros bibliográficos de *G. esculenta* y *G. infula* en Republica Dominicana (Cantrell et al., 2004) y en Venezuela (Dennis, 1970).

En México a la fecha no se registrado ninguna especie perteneciente al subgénero *Discina*, lo cual significaría que este subgénero no se ha desplazado más abajo de los Estados Unidos. La distribución de las especies de *Gyromitra* conocidas de México, claramente coincide con la que presentan los bosques de coníferas y encino (*sensu* Rzedowski, 1978), la excepción la constituyen los estados de Chiapas, Chihuahua y Tamaulipas, de los que no se han encontrado registros, pero que seguramente deben

presentar al menos una de las tres especies, la ausencia solamente significa falta de colectas.

## **ANÁLISIS FILOGENÉTICO DE *Gyromitra* BASADO EN CARACTERES MORFOLÓGICOS**

### **Muestreo de Taxa**

Ya que uno de los objetivos del trabajo es determinar el concepto genérico de *Gyromitra* y sus relaciones con los géneros con los géneros afines al mismo, se revisaron materiales de los 5 miembros de la familia Discinaceae a la cual pertenece este género: *Gyromitra*, *Discina*, *Pseudorhizina*, *Hydnotrya*, y *Gymnohydnotrya*. También se revisaron los géneros *Neogyromitra* (= *Gyromitra caroliniana*) y *Paradiscina* (*G. melaleuca*) que han sido tratados históricamente como sinónimos de *Gyromitra*, *G. melaleucoides*, se ha mencionado como un posible lazo entre los subgéneros *Melaleucoides* y *Discina* (Abbott y Currah, 1997). Los integrantes de la familia Discinaceae se tomaron de acuerdo a la propuesta filogenética basada en datos moleculares de esta familia de O'Donnell *et al.* (1997), donde el mismo autor sugirió probar la monofilia de los géneros dentro de esta familia, el único género que no fue probado en esta propuesta fue *Neogyromitra* Imai el cual está incluido en este estudio y la especie *G. melaleuca*.

### **Elección del grupo externo**

Los taxa del grupo externo fueron *Morchella esculenta* (Lin.: Fr.) Pers., (Morchellaceae) y *Helvella crispa* Fr., (Helvellaceae). *Morchella* fue determinada como el grupo hermano de *Gyromitra* de acuerdo a un análisis cladístico molecular previo (O'Donnell *et al.*, 1997) y *Helvella* fue elegido del mismo estudio, como otro grupo externo, ya que tradicionalmente *Gyromitra* se ubicaba en la familia Helvellaceae.

## **Datos Morfológicos**

Los materiales de herbario examinados fueron hidratados en KOH 5%, antes de estudiarse, se utilizaron azul de algodón y solución de Melzer para la observación de las esporas. Secciones completas de apotecios fueron obtenidas por cortes transversales hechos a mano, bajo el microscopio estereoscópico y revisadas en diferentes medios de montaje como lo sugiere Dennis (1968). La corroboración de los materiales se realizó previamente antes de determinar los estados de carácter. Para el caso concreto de *G. esculenta*, se eligió material que concordara con el concepto de *G. esculenta* s strs., ya que esta es una especie que presenta una gran variabilidad morfológica. Como un resultado derivado del análisis de los ejemplares de herbario se determinaron un total de 27 caracteres. De estos 23 corresponden a caracteres morfológicos (aunque se hace notar que el carácter “color” es un carácter químico ya que este atributo está dado por pigmentos de diferentes tipos en los hongos, sin embargo fue incluido dentro de los morfológicos), tres son ecológicos (Abbott y Currah 1997; Weber 1988), y uno es un carácter citológico (Eckbald 1968). Estos últimos tipos de caracteres se incluyeron con el fin de recabar la mayor información posible para la realización del análisis cladístico y otros fueron resultado de la búsqueda de caracteres nuevos para el análisis como el hábito, consistencia y posición del estípite respecto del apotecio, apículo de las esporas, relación dm/long de la espora y el grupo trófico. Estos caracteres fueron comparados con estudios previos en Pezizales, basados en morfología (e.g., Harrington *et al.*, 1999; Hansen *et al.*, 1999, 2002). El listado completo de los caracteres, así como sus estados de carácter se presenta en la Tabla 3.

## **Determinación de estados carácter continuos**

Para identificar de una forma objetiva los posibles estados en los caracteres

continuos se empleó la técnica de “Gap Simple”. Los caracteres merísticos continuos fueron graficados en EXCEL para mostrar su agrupación. Diferentes estados fueron asignados cuando la varianza en las medidas de las distintas especies, no se solapaba y por lo tanto se formaba un hueco (i.e., gap) en la dispersión de los datos.

### **Elaboración de la matriz**

Se elaboró una matriz de 27 x 10 (Tabla 4), con 27 caracteres 23 cualitativos y 4 cuantitativos, de los cuales 10 son binarios y 17 son multiestados y 10 taxa de los cuáles 8 pertenecen al grupo interno y 2 al externo.

### **Análisis Filogenético**

La matriz fue editada en el programa MacClade 3.0 (Maddison y Maddison, 1992), para después realizar un análisis de parsimonia utilizando el programa PAUP\* v.4b10 (Swofford, 2000). Los caracteres no aplicables (no presentes en alguno de los taxa) fueron codificados como estados de carácter. Todos los caracteres fueron tratados como no ordenados y no se asignaron pesos diferenciales *a priori*. Se efectuó una búsqueda exhaustiva para la elección del árbol más parsimonioso. Se estimó la longitud el Índice de Consistencia (IC que es la cuantificación relativa de la homoplasia de la matriz de caracteres) y el Índice de Retención (IR que es la cuantificación de la Homoplasia observada en función de la Homoplasia posible) para determinar la proporción entre la señal filogenética y el ruido (i.e., Homoplasia) en el árbol más parsimonioso. La robustez de la hipótesis filogenética se determinó usando 500 réplicas de *bootstrap* (Felsenstein 1985, Hillis y Bull, 1993). La robustez de los clados (No. de pasos requeridos para colapsar cada uno de los clados, Bremer, 1994), fue probada mediante un análisis con el programa Autodecay 3.0 (Eriksson, 1995).

**Tabla 4. Matriz de géneros para *Gyromitra* y allegados**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
<i>G. esculenta</i>	1	0	0	0	1	1	1	0	0	2	0	0	1	1	0	1	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>G. perlata</i>	1	3	1	2	1	2	0	1	1	0	2	2	2	2	0	2	1	3	0	0	0	1	0	1	0	1	0
<i>G. caroliniana</i>	1	0	0	2	1	1	1	1	1	2	1	2	1	2	0	2	0	3	0	0	1	2	1	0	0	1	0
<i>G. melaleuca</i>	1	3	1	2	1	1	1	0	1	1	1	2	1	1	0	1	0	2	0	1	0	2	0	0	0	1	0
<i>G. melaleucoides</i>	1	3	3	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	4	0	2	0	1	0	0	0	0	0	1	0
<i>Pseudorhizina</i>	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	2	0	1	0	0	1	0
<i>Hydnotrion</i>	0	4	0	3	0	1	0	2	2	3	3	3	0	1	1	3	0	1	0	2	0	0	1	0	1	0	0
<i>Gymnohydnotrya</i>	0	4	1	3	0	1	0	2	2	3	3	3	1	1	0	2	0	1	0	2	0	2	0	1	0	1	0
<i>Helvella</i>	1	1	2	1	0	0	1	1	0	0	2	1	1	1	0	1	0	0	0	2	2	0	1	0	1	0	1
<i>Morchella</i>	1	2	2	2	0	2	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	2	0	2	1	0	1	1	2

Caracteres usados y sus codificaciones (tomados de ejemplares secos):

1 Hábito: 0) hipogeo, 1) epigeo

2 Apotecio/forma: 0) giromitride, 1) helveloide, 2) morcheloides, 3) discoide, 4) globoso

3 Apotecio/color: 0) tonos de color café-rojizos, 1) tonos de color cafés, 2) tonos de color café-amarillentos 3) tonos de color café-grisáceo oscuro

4 Apotecio/ sup. externa color: 0) café-pálido, 1) crema-marfil, 2) blanco o casi blanco, 3) no aplicable

5 Apotecio/dm: 0)14-33 mm, 1) 58-76 mm

6 Apotecio/Long. : 0)12-19 mm, 1) 47-62 mm, 2)81-85 mm

7 Estípote: 0) ausente, 1) presente

8 Estípote/ ornamentación: 0) liso, 1) con costillas o estriado, 2) no aplicable

9 Estípote consistencia: 0) hueco, 1) compacto, 2) no aplicable

10 Estípote/color: 0) tonos amarillos, 1) blanco, crema marfil, 2) violeta-rojizo, 3) no aplicable

11 Estípote/ posición al apotecio: 0) semilibre, 1) libre, 2) unido, 3) no aplicable

12 Estípote/pubescencia 0) pubescente, 1) finamente pubescente, 2) liso, 3) no aplicable

13 Esporas relación dm/long.: 0)1:1, 1)1:2, 2) 1:3

14 Esporas/long. 0) 8-10µm, 1) 19-25 µm, 2)34-39µm

15 Esporas/ dm. 0)8-13 µm, 1) 35-40 µm

16 Esporas/ornamentación: 0) lisas, 1) finamente rugosas, 2) reticuladas, 3) nodulosas, 4) verrucosas

17 Apículo: 0) ausente, 1) presente

18 Esporas/No. gúttulas: 0) 0, 1)1, 2)2, 3)3

19 Esporas/No. núcleos: 0) 4, 1) 15

20 Parafisis/ contenido en KOH : 0) amarillento, 1) café, 2) hialino

21 Parafisis/forma: 0) anchamente clavadas, 1) cilíndricas, 2) estrechamente clavadas

22 Parafisis/contenido: 0) gránulos finos, 1)gránulos gruesos, 2)sin gránulos

23 Parafisis/septación: 0) ausente, 1) presente

24 Parafisis/ramificación: 0) ausente, 1) presente

25 Excipulo: 0) una capa, 1) bicapa

26 Grupo trófico 0) simbiotes, 1) saprobio

27 Asociaciones. 0) coníferas, 1) latifoliadas, 2) mixtas

Los caracteres no aplicables, significan que el taxón no los presenta

### **Delimitación genérica de *Gyromitra* basada en caracteres morfológicos**

El análisis produjo 1 solo árbol igualmente parsimonioso de 62 pasos, con CI 0.66 y RI 0.54. De los 27 caracteres utilizados tres fueron autapomorfias (un estado presente en un taxón único, i.e., caracteres no informativos).

La hipótesis filogenética derivada de caracteres morfológicos apoya la agrupación de los miembros de la familia Discinaceae (*Discina-Gyromitra Pseudorhizina-Hydnotrya-Gymnohydnotrya*) incluyendo otros dos géneros sinónimos de *Gyromitra*: *Paradiscina* (*G. melaleuca*) y *Neogyromitra* (*G. caroliniana*). En el cladograma (Fig. 1) se aprecia que los taxa probados aparecen como 3 grupos monófiléticos dentro de la familia. Cada grupo está apoyado por un conjunto de caracteres ancestrales o derivados como se discutirá más adelante. En esta propuesta filogenética derivada de caracteres morfológicos (Fig. 1 y 2) se pueden distinguir como ya se mencionó 3 clados:

1) clado *Gyromitra*. La hipótesis filogenética, corrobora la composición para el género propuesto por Harmaja (1969, 1973) y Pfister (1980). Donde todos los segregados de *Gyromitra* (*Gyromitra-Discina-Neogyromitra-Paradiscina*) se agruparon en un solo clado con *G. esculenta* en la base del mismo (Fig.1). La monofilia de *Gyromitra sensu* Harmaja 1969 fue apoyada por un valor de *bootstrap* de 65% (Fig. 2). *Pseudorhizina* aparece como un clado independiente de *Gyromitra*. La propuesta de Abbott y Currah (1997), que consideraron 4 subgéneros dentro de *Gyromitra* no fue corroborada, ya que estos autores consideraron a *G. melaleuca* el lazo entre los subgéneros *Discina* (*G. perlata* y allegados) y *Melaleucoides* (*G. melaleuca* y *G. melaleucoides*) y en esta propuesta *G. melaleuca* aparece cercana a *G. esculenta* y a *G. melaleucoides*. Otro caso es la especie *G. melaleucoides* que fue ubicada en *Gyromitra* (Pfister, 1980) con reservas y que aparece entre especies giroso-estipitadas y discoideas-sésiles: *G. esculenta* y *G. melaleuca* respectivamente. La monofilia del clado *G. caroliniana-perlata* es corroborada con un valor de *bootstrap* del 53%. Este clado está caracterizado por especies que presentan esporas ornamentadas, en especial reticuladas. La monofilia de este clado implicaría un escenario evolutivo en donde especies típicamente giroso-estipitadas (*G. caroliniana*) dieron origen a especies con anatomía discoidea y de hábito sésil (*G. perlata*), compartiendo ambas el carácter de esporas

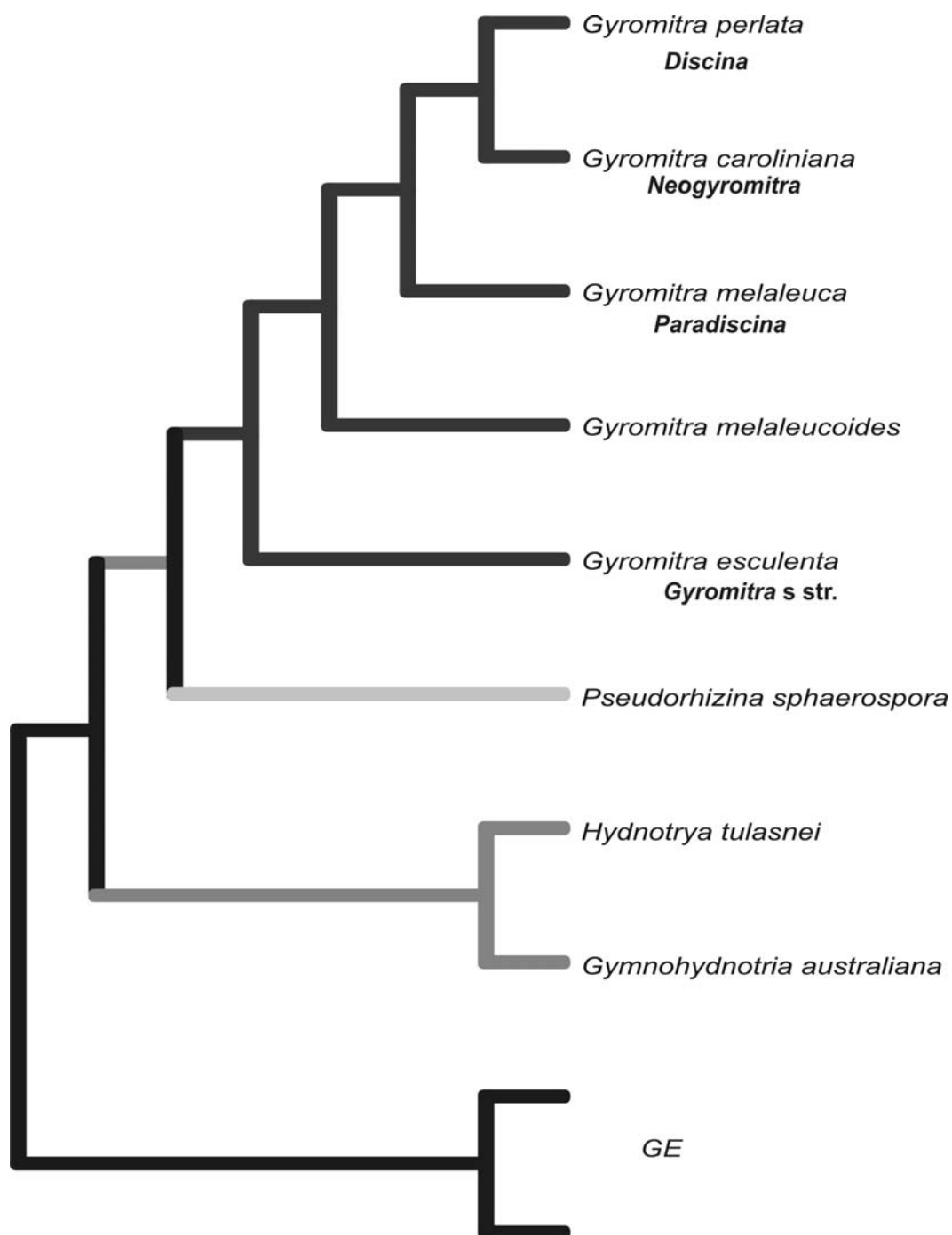


altamente ornamentadas con un retículo y con 3 gutulas, quedando este último carácter como más significativo filogenéticamente que la presencia de un estípite y la forma del ascoma.

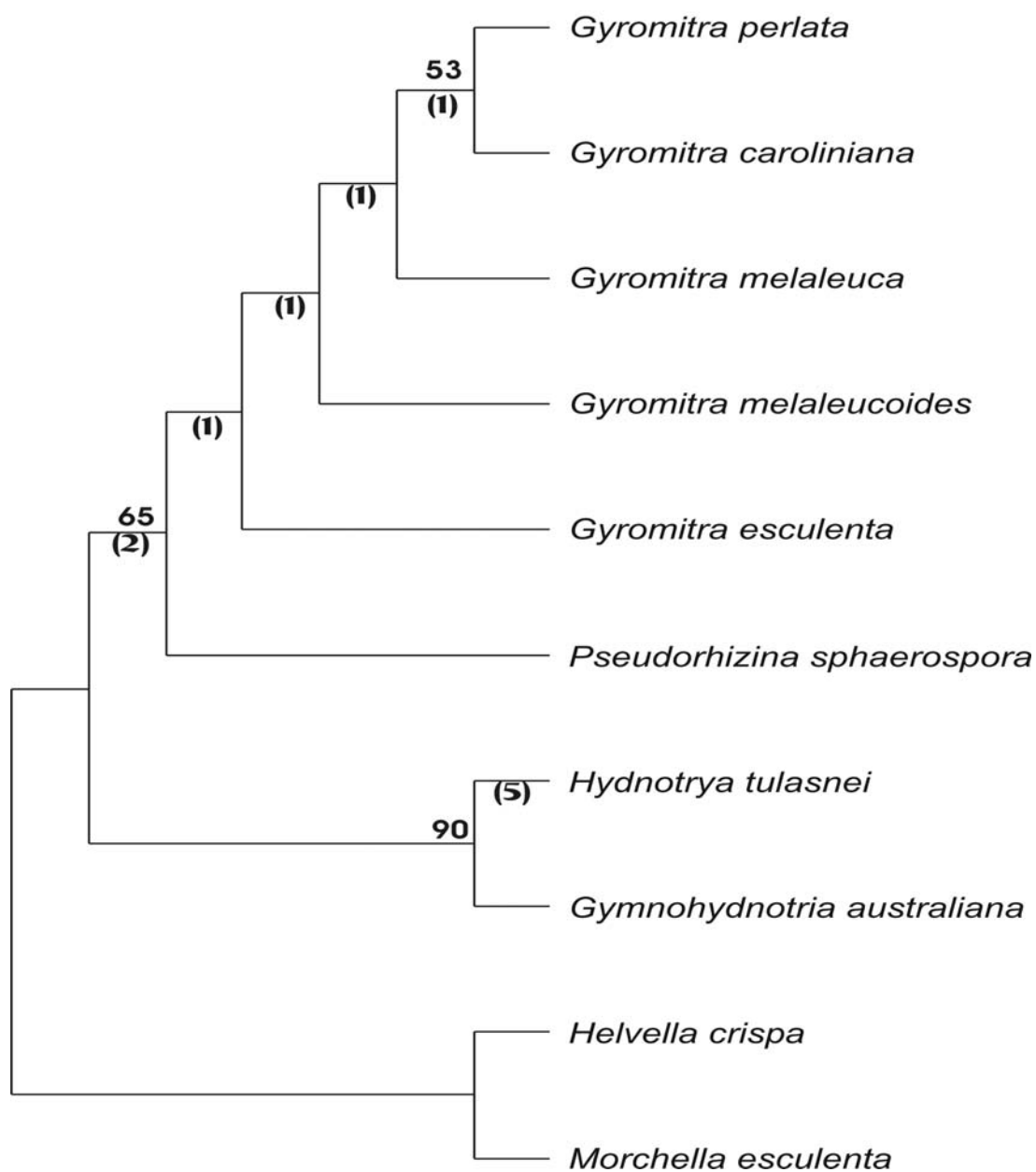
2) clado *Pseudorhizina* que aparece como un género monofilético independiente de *Gyromitra* y del clado *Hydnотrya-Gymnohydnotrya* y que presentó un valor de 65% de bootstrap (Fig. 2) este resultado acorde con O'Donnell et al. (1997), donde *Pseudorhizina* aparece como un clado cercano a *Hydnотrya* e independiente de *Gyromitra* sensu Harmaja (1979). La separación de *Pseudorhizina* ya había sido propuesta por Harmaja (1973) argumentando que las esporas globosas menores de 17  $\mu\text{m}$ , la ausencia de perisporio y el estípite violeta rojizo eran caracteres diferenciales. En la hipótesis derivada del estudio este clado se caracteriza por las parafisis estrechamente clavadas, esporas globosas, lisas y el estípite libre con relación al apotecio.

3) clado *Hydnотrya-Gymnohydnotrya*, que son los representantes hipogeos de la familia y que son soportados con un valor alto de bootstrap de 90%, este clado se presenta como un grupo monofilético y se caracteriza por ser hipogeos, presentar ascomas globosos, con esporas ornamentadas ya sea nodulosas o verrucosas, siendo el clado más basal de la familia, la ausencia de estípite, el hábito hipogeo y la forma globosa son de importancia filogenética en este clado.

La hipótesis sobre las interrelaciones evolutivas para el género *Gyromitra* derivada de la información morfológica presenta baja estabilidad filogenética y valores de bootstrap y de soporte de ramas significativamente marginales. Esto es debido principalmente al número de caracteres identificados y al alto nivel de incongruencia que existe entre ellos. Por lo tanto, el siguiente paso es incorporar información proveniente de fuentes de caracteres alternativas y complementarias como lo pueden ser los datos moleculares. Esta siguiente etapa del trabajo, incluirá aparte de las especies empleadas para el análisis morfológico, más especies consideradas dentro del género *Gyromitra*. Un muestreo de taxa más completo permitirá poner a prueba hipótesis sobre las relaciones interespecíficas de las especies de este género, por ejemplo, la existencia de dos subgrupos monofiléticos tal como lo propuso Harmaja (1969) o de cuatro como lo sugirieron Abbott y Currah (1997).



**Figura 1.** Árbol más parsimonioso que muestra las relaciones entre los diferentes integrantes de la familia Discinaceae, incluyendo a *Gyromitra*.



**Fig. 2.** Árbol más parsimonioso que muestra las relaciones de *Gyromitra* y allegados, los valores entre los nodos corresponden a 500 réplicas de bootstrap y los valores entre paréntesis, pertenecen a los índices de soporte de ramas. El IC fue de 0.66 y el RI de 0.54.

### **Distribución de caracteres morfológicos en el cladograma**

En la Fig. 3 se aprecia la distribución de los 27 caracteres morfológicos probados en esta hipótesis. La determinación de los estados de carácter, se realizó mediante el criterio de comparación con el grupo externo (Watrous y Wheeler 1981, Farris 1982, Nixon y Carpenter, 1993), el cual supone que un carácter presente en los dos grupos (interno y externo) son heredados de un ancestro más antiguo (estado ancestral o plesiomórfico) y los caracteres presentes solo en el grupo interno son los derivados o apomórficos. De esta manera uno de los caracteres más importantes dentro de los Pezizales (incluyendo a *Gyromitra*) es la forma del ascoma que evolutivamente se presentó así: las formas globosas (plesiomórfico, carácter 2,4) evolutivamente se transformaron en la típica giromitroide (2,0), posteriormente discoide (2,3) en *G. melaleucoides*-*G. melaleuca*-*G. perlata* pero aparece como una apomorfía en *G. caroliniana* (2,0), concretamente para el concepto de *Gyromitra* la evolución giromitroide-discoide-giromitroide es la explicación a la unión de *Gyromitra*-*Discina*-*Neogyromitra*.

La presencia de estípita que tradicionalmente ha separado los dos grandes grupos dentro del género en estudio (*Gyromitra* y *Discina*) aparece como un paralelismo entre el clado de hipogeos y la especie *G. perlata* (*Discina*). El estípita como una estructura con significado evolutivo en *Gyromitra* ya había sido descartado por Harmaja (1969a, 1973) quien mencionó que la diferencia entre estipitado, subsésil o sésil era una diferencia muy “vaga” como una diferencia usada solamente a nivel genérico es solamente cuantitativa dependiendo del grado en el que se desarrolla el estípita.

La forma de las esporas usada en general para separar géneros, se codificó como una relación dm/long. de la espora y se distribuyó de la siguiente manera: la forma elíptica es el estado ancestral, luego derivó en globosas (*G. melaleuroides*) para finalmente aparecer como fusoides en *G. perlata*. De acuerdo con la primera propuesta filogenética sugerida por Harmaja (1969a) la secuencia en relación a la forma de esporas era: globosas-elípticas-fusoides, pues este autor consideraba a *Pseudorhizina* como un extremo en la evolución de *Gyromitra*, en el que especies con ascoma muy desarrollado presentaban esporas simples: globosas y lisas, las formas intermedias estaban representadas por *Gyromitra* con esporas elípticas *Gyromitra* y el otro extremo en la evolución de *Gyromitra* eran las especies con ascomas reducidos pero con esporas fusoides altamente ornamentadas, aunque este autor no tomó en cuenta a *G. melaleuroides* que presenta esporas globosas y ascomas discoides desarrollados y que en el cladograma aparece en medio de dos especies con esporas elípticas, de esta manera la forma globosa también sugiere un paralelismo entre las especies de *Pseudorhizina* y *G. melaleuroides*.

MPT 82 pasos, CI= 0.66, Ri=0.54

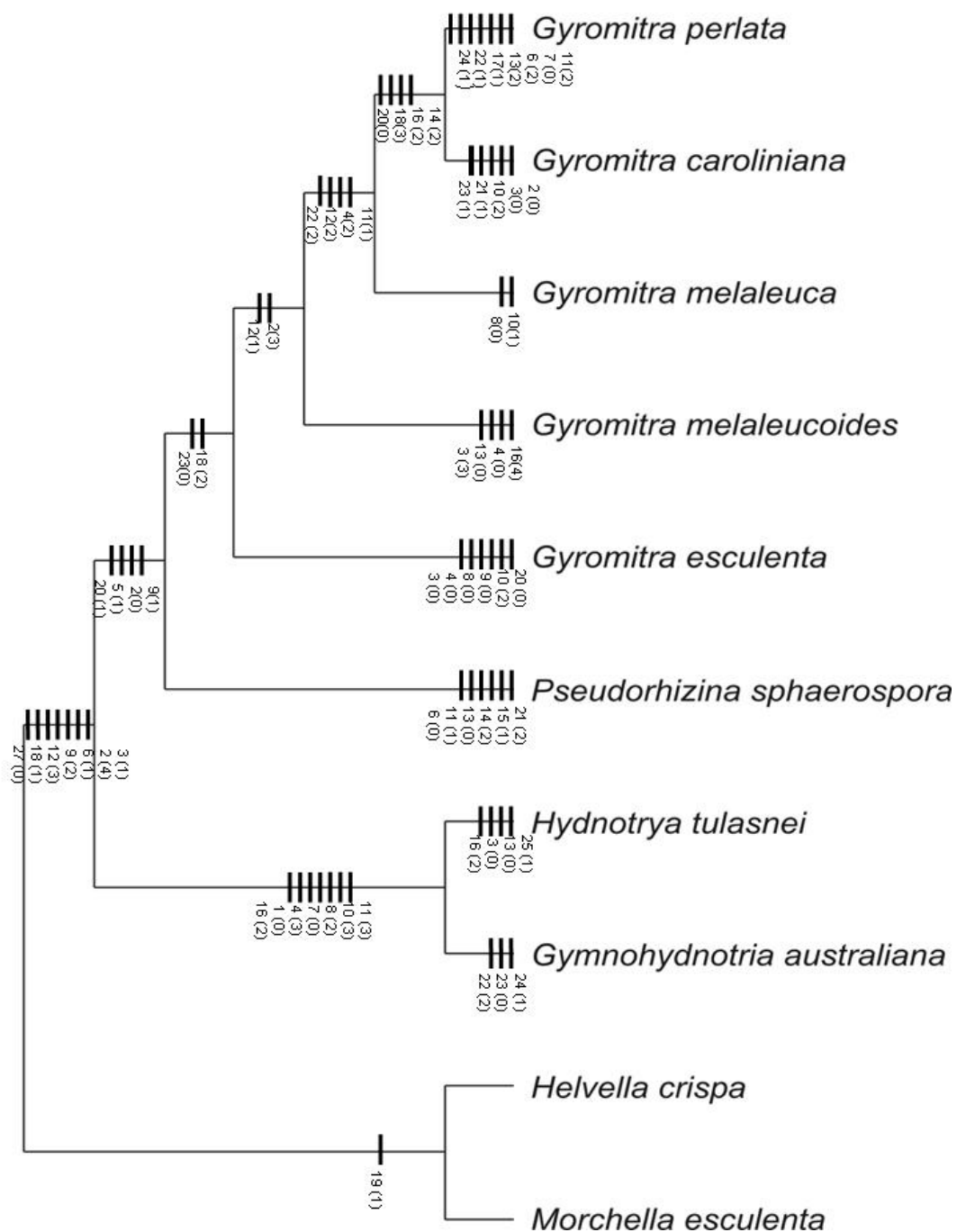


Figura 3. Determinación de los estados de carácter.

## CONCLUSIONES

Basándose en el análisis filogenético emanado de la delimitación taxonómica de *Gyromitra* y bajo el criterio de parsimonia, se comprobó que el concepto amplio de *Gyromitra* es correcto y válido. Este género incluye tanto especies estipitadas como sésiles, las cuales se agruparon en más de dos clados: especies estipitadas con esporas de fina gruesamente rugosas y especies sésiles o estipitadas, que comparten el carácter de presentar esporas ornamentadas en diferentes patrones y el clado *G. melaleuroides*. El estudio sugirió que al menos los dos subgéneros reconocidos si se pueden diferenciar sobre la base de caracteres morfológicos, y que un tercer grupo representado por *G. melaleuroides* puede ser reconocido como intermedio entre los dos, este grupo se caracterizaría por ser subsésil, discoide ondulado y con esporas globosas ornamentadas con verrugas aisladas, esta especie ya se había mencionado como una especie de transición dentro del género. Si esta especie corresponde a un género diferente a *Gyromitra* o no, eso está por discutirse sobre la base de caracteres moleculares.

La topología obtenida mediante el análisis filogenético basado en morfología, produjo bajos valores de bootstrap e índices de soporte de ramas, lo que ha sustentado el siguiente paso del análisis que es: añadir datos moleculares, para corroborar lo que la morfología nos produjo.

La revisión de materiales de herbario procedente de México, aumento de dos a tres las especies conocidas del país, un posible cuarto taxón está por definirse.

De acuerdo al análisis de microscopia electrónica se añadió un quinto patrón de ornamentación a los ya conocidos en el género, el cual corresponde a esporas con espinas. Este estudio también reafirmó que la ornamentación si es un carácter cuantitativo en *Gyromitra* con valor taxonómico, solo a nivel de especie.

En relación a cuántas especies contiene este género y basándose en la revisión de los tipos se concluyó que *Gyromitra* esta compuesta por al menos de 22 especies válidas de acuerdo a la revisión del material tipo y no 15 como anteriormente se creía.

Con base en el listado de 66 nombres válidos de especies de *Gyromitra* obtenido del Index of Fungi y tomando en cuenta la revisión de materiales tipo (19) de algunas de las especies, se concluyó que: este género contiene al presente 22 especies válidas, 22 sinónimos, 11 variedades y formas, 7 especies dudosas y 4 especies excluidas. De las especies dudosas la revisión de tipos (en el caso que se puedan localizar) es importante para descartar posible sinonimia.

El estudio realizado concluyó que *Gyromitra*, *Discina*, *Neogromitra* y *Paradiscina*, son el mismo género, a pesar de que la morfología entre estos es muy diferente, el género *Pseudorhizina* que morfológicamente es más parecido a *Gyromitra* en este estudio se descarta como parte del mismo. *Gyromitra* es el género más basal del cual derivaron especies subestipitadas con esporas globosas pero ornamentadas representado por *G. melaleucoides*. Un tercer grupo reconocido es el de las especies con esporas definitivamente ornamentadas, siendo *G. melaleuca* (especie tipo del género *Paradiscina*) la base de los que se agrupó, como subgénero *Discina*. Los representantes hipogeos de la familia Discinaceae aparecen como un clado independiente de *Gyromitra*.

Como parte de los resultados de esta investigación se realizaron tres artículos que contribuyen al entendimiento taxonómico del género (véase anexos 1, 2 y 3).



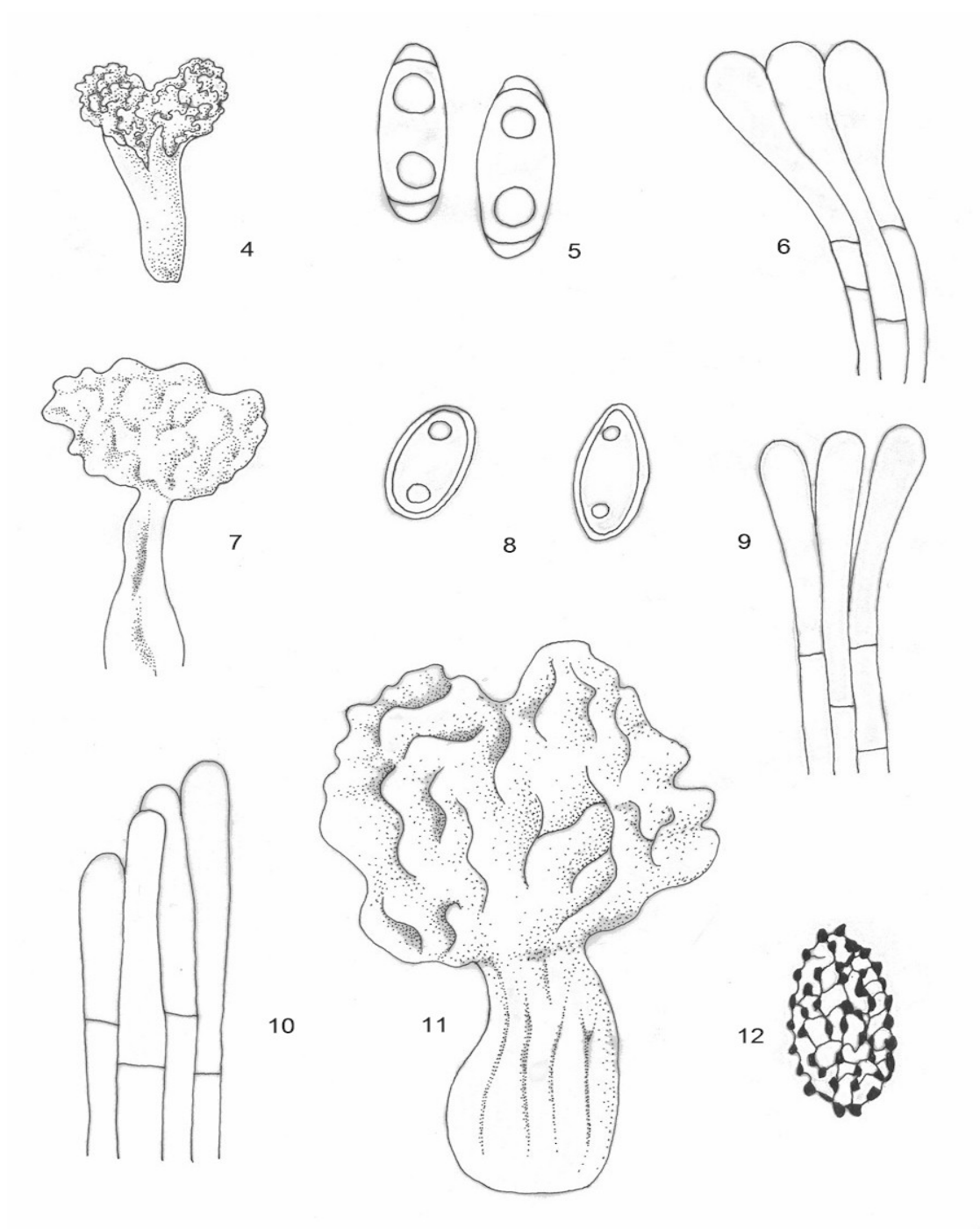
## LITERATURA CITADA

- Abbott, S. P. y R. Currah. 1997. The Helvellaceae: Systematic revision and occurrence in Northern and Northweter North America. **Mycotaxon** **62**: 1-125.
- Breitenbach, F. y J. Kränzlin. 1981. **Les Champignons de Suisse**. Vol. 1. Lucerna, Verlag, Mykologia.
- Bremer, K. 1994. Branch support and tree stability. **Cladisitics** **10**: 295-304.
- Cao, J-Zhang, F. Li y L. Bo. 1990. Notes on the genus *Gyromitra* in China. **Acta Mycol. Sinica** **9**: 105-108.
- Cantrell, S. T. Iturriaga y D.H. Pfister. 2004. An Update cheklist of the Discomycetes for the Domenican Republic and the Caribbean region. **Caribbean Journal of Sciences** **40**: 139-144.
- Castillo J, J. García y F.E. San Martín .1979. Algunos datos de la distribución ecológica de los hongos principalmente micorrizicos, en el centro del Estado de Nuevo León. **Bol. Soc. Mex. Mic.** **13**: 229-237.
- De la Torre, M. 1977. Aportación al estudio del genero *Gyromitra* Fr. em. Harmaja en España. **Bol. Estación Central de Ecología** **19**: 33-38
- Dennis, R.W.G. 1978. **British Ascomycetes**. J. Cramer, Vaduz. 585 pp.
- Dennis, R.W.G. 1970. **Fungus Flora of Venezuela and adjacent countries**. Kew Bull. Add. Ser. 3: 1-530.Vaduz.
- Dissing, H. y T. Schumacher. 1994. Pezizales. *in*: Hawksworth, D.L. **Ascomycete Sistematics. Problems and Perspectives in the Nineties**. Plenum Press, Londres. 453 pp.
- Donadini, J. C. y J. Astier. 1974. Un champignon méconnue: *Gyromitra (Discina) martinii* nov. sp. **Bull. Soc. Myc. Fr.** **90** (3): 187-194.
- Duncan, T. y T.F. Stuessy. 1985. **Cladistic theory and methodology**. Van Nostrand Reinhold Co., Nueva York. 399 pp.
- Eckblad, F. 1968. The genera of the operculate discomycetes. A reexamination of their taxonomy, phylogeny and nomenclature. **Nytt. Magasine Botanikk.** **15**: 1-192.
- Eriksson, T. 1995. **AutoDecay Version 3.0** (programa de computación), distribuido via email por Torsten.Eriksson@botan.su.se.
- Farris, J.S. 1982. Outgroup and parsimony. **Syst. Zoology** **31**: 328-334.
- Felsenstein, J. 1985. Confidence limits on phylogenies: An approach using the bootstrap. **Evolution** **39**: 783-791.
- Fries, E.M. 1849. **Summa vegetabilium Scandinavae** sect. Post. 572 pp.
- Gamundi, I. y E. Horak. 1983. **Hongos Andino-Patagónicos**. Ed. Vasquez Manzini, 144 pp.
- Gomez, L.D. 1975. *Gyromitra chirripoensis* nov.sp. **Rev. Biol. Tropical** **20**: 131-135.
- Guzmán, G. 1997. **Los nombres de los hongos y lo relacionado con ellos en America Latina**. CONABIO, Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, 356 pp.
- Guzmán-Dávalos, L. 2003. **Análisis filogenético del género *Gymnopilus* (Fungi, Basidiomycetes, Agaricales)**. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F. Tesis de doctorado 148 pp.

- Hansen, K. T. Laessoe y D.H. Pfister. 2002. Phylogenetic diversity in the core group of *Peziza* inferred from ITS sequences and morphology. **Mycol. Res.** **106**: 879-902.
- Hansen, K., D.H. Pfister y D. Hibbet. 1999. Pghylogenetic relationship among species of *Phillipsia* infered from molecular and morphological data. **Mycologia** **91**: 299-314.
- Hansen, K., T. Laessoe y D.H. Pfister. 2001. Phylogenetics of the Pezizaceae, with emphasis on *Peziza*. **Mycologia** **93**: 958-990.
- Harmaja, H. 1969a. A wider and more natural concept of the genus *Gyromitra* Fr. **Karstenia** **9**: 9-12.
- Harmaja, H. 1969b. A neglected species *Gyromitra ambigua* (Karst.) Harmaja n. comb. and *G. infula s str.* in Fennoscandia. **Karstenia** **9**: 13-19.
- Harmaja, H. 1973. Amendements to the limits of the genus *Gyromitra* and *Pseudorhizina*, with the descriptions of a new species *Gyromitra montana*. **Karstenia** **13**: 48-58.
- Harmaja, H. 1976. *Paradiscina* Benedix a synonym of *Gyromitra* Fr. **Karstenia** **15**: 13-35.
- Harmaja, H. 1979. Studies on vernal species of *Gyromitra* and *Pseudoombrophila* syn. *Nannfeldtiella*. **Ann. Bot. Fennici** **16**: 159-162.
- Harmaja, H. 1986. Studies on the Pezizales. **Karstenia** **26**: 41-48.
- Harrington, F.A. 1998. Relationship among *Sarcoscypha* species: evidence from molecular and morphological characters. **Mycologia** **90**: 235-243.
- Harrington, F.A., D.H. Pfiser, D. Pooter y M. J. Donoghue. 1999, Phylogentic studies within the Pezizales.I: 18S rRNA sequence data and classification. **Mycologia** **91**: 41-50.
- Herrera, T. y G. Guzmán. 1961.Taxonomía y Ecología de los principales hongos comestibles de diversos lugares de México. **Ans. Inst. Biol. UNAM.** **32**: 33-135.
- Hillis, D.M. y J. Bull. 1993. An empirical test of bootstrapping as a method for assessing confidence in phylogenetic analysis. **Systematic Biology** **42**: 182-192.
- Holmgren, P.K., N. Holmgren y L. Barnett.1990. **Index Herbariorum**. New York Botanical Garden, Nueva York, 693 pp.
- Huhtinen, S. y H. Routsalainen. 2004. Notes on the taxonomy and ocurrence of some species of *Gyromitra* in Finland. **Karstenia** **44**: 25-34.
- Kanouse, B. 1947. A survey of the Discomycete flora of the Olympic National Park and adjacent areas. **Mycologia** **39**: 635-689.
- Kempton P.E. y V. Wells. 1973. Studies on the fleshy Fungi of Alaska VI. Notes on *Gyromitra*. **Mycologia** **65**: 396-400.
- Kimbrough, J, Chi-Guang W, y J.L. Gibson. 1990.Ultraestructural observation on Helvellaceae (Pezizales, Ascomycetes). IV. Ascospore ontogeny in selected species of *Gyromitra* subgenus *Discina*. **Can. J. Bot.** **68**: 317-328.
- Kimbrough, J. 1991. Ultraestrucural observations on Helvellaceae (Pezizales, Ascomycetes).V. Septal structures in *Gyromitra*. **Mycol. Res.** **95**: 421-426.
- Kirk, P.M., P.F. Cannon, J.C. David y J.A. Stalpers. 2001. **Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi**. 9a. Ed., CABI Biociencia, Surrey, 655 pp..
- Kohn, L.M. 1992. Developing new characters for fungal systematics: an experimenrtal approach for determining the rank of resolution. **Mycologia** **84**: 139-153.
- Korf, R.P. y W-Y-Zhuang. 1985. Some new species and new records of Discomycetes in China. **Mycotaxon** **22**: 483-514.

- Korf, R.P. 1972. Synoptic key to the genera of Pezizales. **Mycologia** **64**: 937-994.
- Kotlaba, F. y Z. Pouzar. 1974. Additional localities of *Gyromitra fastigiata*. **Ceska Mykologie** **28**: 84-95.
- Landvik, S., K.N. Egger y T. Schumacher, 1997. Towards a subordinal classification of the Pezizales (ascomycota): Phylogenetic Analyses of SSU rDNA sequences. **Nordic Journal of Botany** **17**:403-418.
- Lucchini G. y W. Pellandini. 1990. Makroskopische und mikroskopische von *Discina apinosopora* (ascomycotina). **Mycologia Helvetica** **4**: 245-247.
- Maddison, W. P. y D. R. Maddison. 1992. **MacClade 3.0**. Analysis of Phylogeny and character evolution. Sinauer Ass. Massachusetts.
- McKnight, K.H. 1969. A notes on *Discina*. **Mycologia** **61**: 614-630.
- McKnight, K.H. 1971. On two species of false morels (*Gyromitra*) in Utah. **The Great Basin Naturalist** **31**: 35-47.
- McKnight, K.H. 1973. Two misunderstood species of *Gyromitra* (False Morel) in North America. **The Michigan Botanist** **12**: 147-162.
- Mcknight, K. H. y L. Batra 1974. Scanning electron microscopy in taxonomy on gyromitroid fungi. **The Michigan Botanist** **13**: 51-64
- Medel, R. 2006a. Conocimiento etnomicológico de las especies de *Gyromitra* en México. **Bol. Soc. Micol. Madrid** **30** (en prensa).
- Medel, R. 2006b. A review of the genus *Gyromitra* (Ascomycotina, Pezizales, Discinaceae) in Mexico. **Mycotaxon** (en prensa).
- Medel, R. y J. Marmolejo. 2005. Micromorfología de las esporas de *Gyromitra* s.l. (Ascomycotina, Discinaceae). **Rev. Mex. Mic.** **21** (en prensa).
- Medel, R., G. Guzmán y S. Chacón. 1999 Especies de macromycetos citados de México IX. Ascomycetes parte III. **Acta Bot. Mex.** **46**:57-72.
- Medel, R., G. Guzmán, A. Espinosa, J. Marmolejo, H. Gonzalez y J. Navar. 2003. Estudio Filogenetico del género *Gyromitra* (Fungi, Ascomycotina, Pezizales). **Seminarios de Posgrado. Facultad de Ciencias Forestales, U.A.N.L.** 205-213.
- Moravec, J. 1986. A revisión of the type of *Gyromitra bubaci* and the problem of ascospore size in *Gyromitra esculenta* (Discomycetes). **Ceska Mykologie** **40**: 11-18.
- Morrone, J. 2003. **El lenguaje de la Cladística**. UNAM, México, D.F. 109 pp.
- Nixon, K.C. y J.C. Carpenter. 1993. On outgroup. **Cladistic** **9**: 413-426.
- O'Donnell, K., Cigelnik, E., N. Weber y J. Trappe. 1997. Phylogenetic relationship among ascomycetous truffles and the true and false morels inferred from 18s and 28s ribosomal DNA sequence analysis. **Mycologia** **89**: 48-65.
- Pfister, D.H. 1980. *On Peziza melaleucoides*. a species of *Gyromitra* from the western United States. **Mycologia** **72**: 614-619.
- Raitviir, A. 1970. Once more on *Neogyromitra caroliniana*. **Tartu riikliku ulikooli toimetise. Botanika alased tööid** **9**: 364-373.
- Raitviir, A. 1965. Taxonomical notes on the genus *Gyromitra*. **Eeti NSV Teaduste Akad. Toimetised Biool. Ser.** **3**: 320-324.
- Raitviir, A. 1974. A new species of *Gyromitra* from Estonia. **Folia Cryptogamica Estonica** **4**: 25-32.
- Rehm, H. 1899. Ascomycetes Fuegian. **Svenska Vet. Akad. Handling Band** **25 Afd. III** **6**: 3-21

- Rzedowski, J. 1978. **Vegetación de México**. LIMUSA, México, D.F., 432 pp.
- Saccardo. P. A. M. 1889. Sylloge Fungorum VIII. Discomycetae. J. Edwards, Ann Arbor. Michigan, 1143 pp.
- Seaver, F. J. 1928. **The North American Cup-Fungi** (Operculates). Reimp 1978. Lubrecht & Cramer, Monticello, 377 pp.
- Svreck M. y J. Moravec. 1972. On druhu *Helvella fastigiata* Krombholz **Ceska Mikologie 26**: 1-8.
- Swofford, D. L. 2000. **PAUP\*.40b2**: Phylogentic analysis using parsimony (\* and other method), Sinauer, Massachussets.
- Taylor, J.W. y K. F. LoBuglio. 1994. Ascomycete phylogenetics: Morphology and molecules. **Mycoscience 35**: 109-112.
- Trappe, J. 1971. **Mycorrhiza forming Ascomycetes**. In: Mycorrhizae. Proceeding of the first Nort Amerian Conference on Mycorrhizae, 1969. USDA- Forest Service Misc. publication 1189: 19-37
- Villegas, M. 2000. Análisis taxonómico de la familia Gomphaceae (Fungi: Basidiomycetes). Facultad de Ciencias. UNAM. México, D.F. **Tesis de doctorado**, 121 pp
- Villegas, M., De Luna E., J. Cifuentes y A. Estrada-Torres. 1999. Phylogenetic studies in Gomphaceae sensu lato (Basidiomycetes). **Mycotaxon 70**: 127-147.
- Watrous, L.E. y Q. Wheeler. 1981. The outgroup comparison method of character analysis. **Systematic Zoology 30**:1-11.
- Weber, N. S. 1988. **A morel Hunter's Companion**. A guide to the true and false morels of Michigan. Michigan Natural Resources Magazine. Two Peninsula Press, Lansing 208 pp.
- Wiley, E.O., D. Siegel-Causey, D. R. Brooks y V.A. Funk. 1991. **The Compleat Cladistics**. University of Kansas, Lawrence. 158 pp.



Lamina 1. Figs. 4-12. 4-6. *Gyromitra ambigua*. 4: apotecio; 5: esporas; 6: parafisis. 7-9. *G. antarctica*. 7: apotecio; 8: esporas; 9: parafisis. 10-12. *G. caroliniana*. 10: apotecio; 11: esporas; 12: parafisis. Escala 1cm= 1cm en los apotecios; 1cm= 10  $\mu$ m en esporas y parafisis).

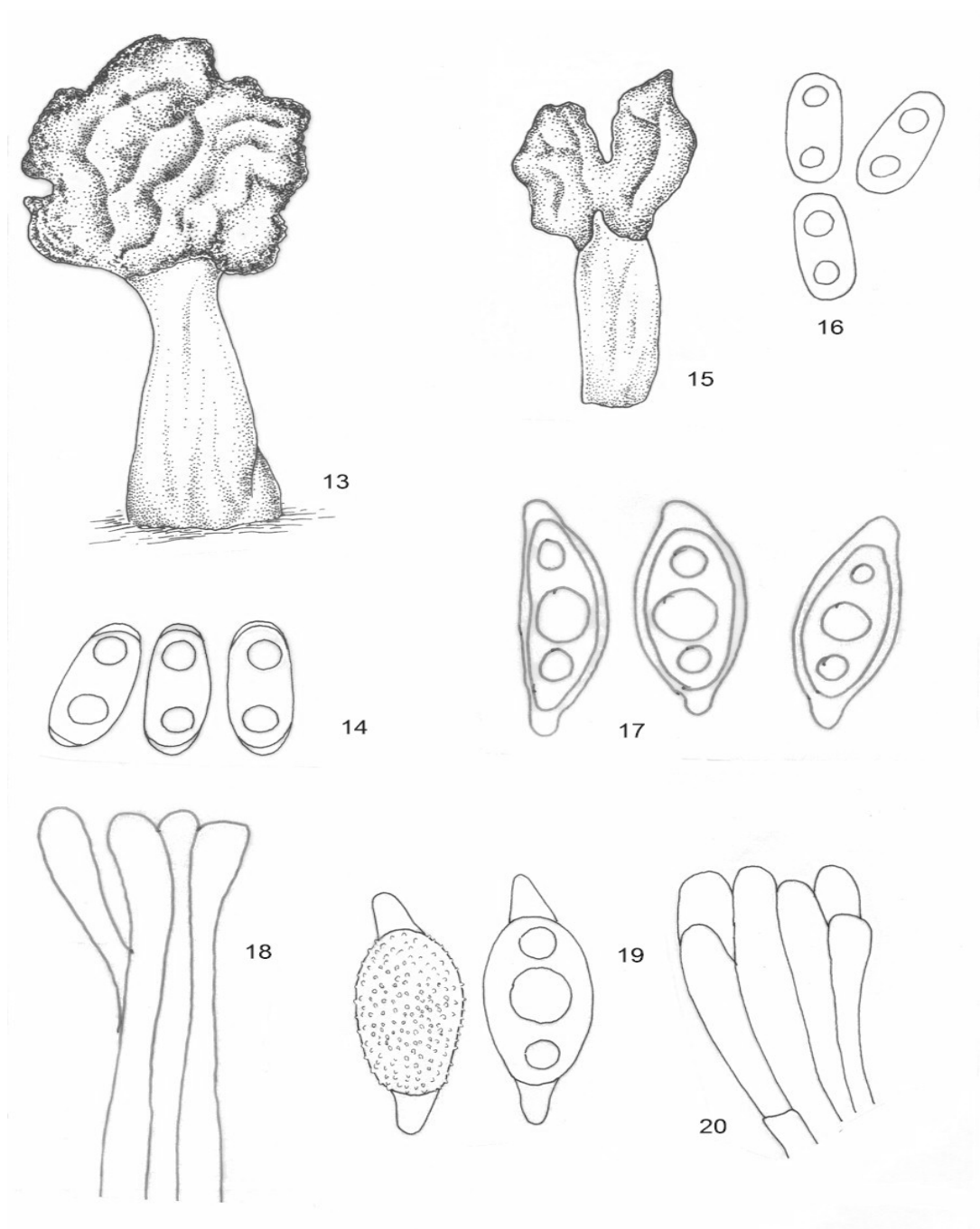
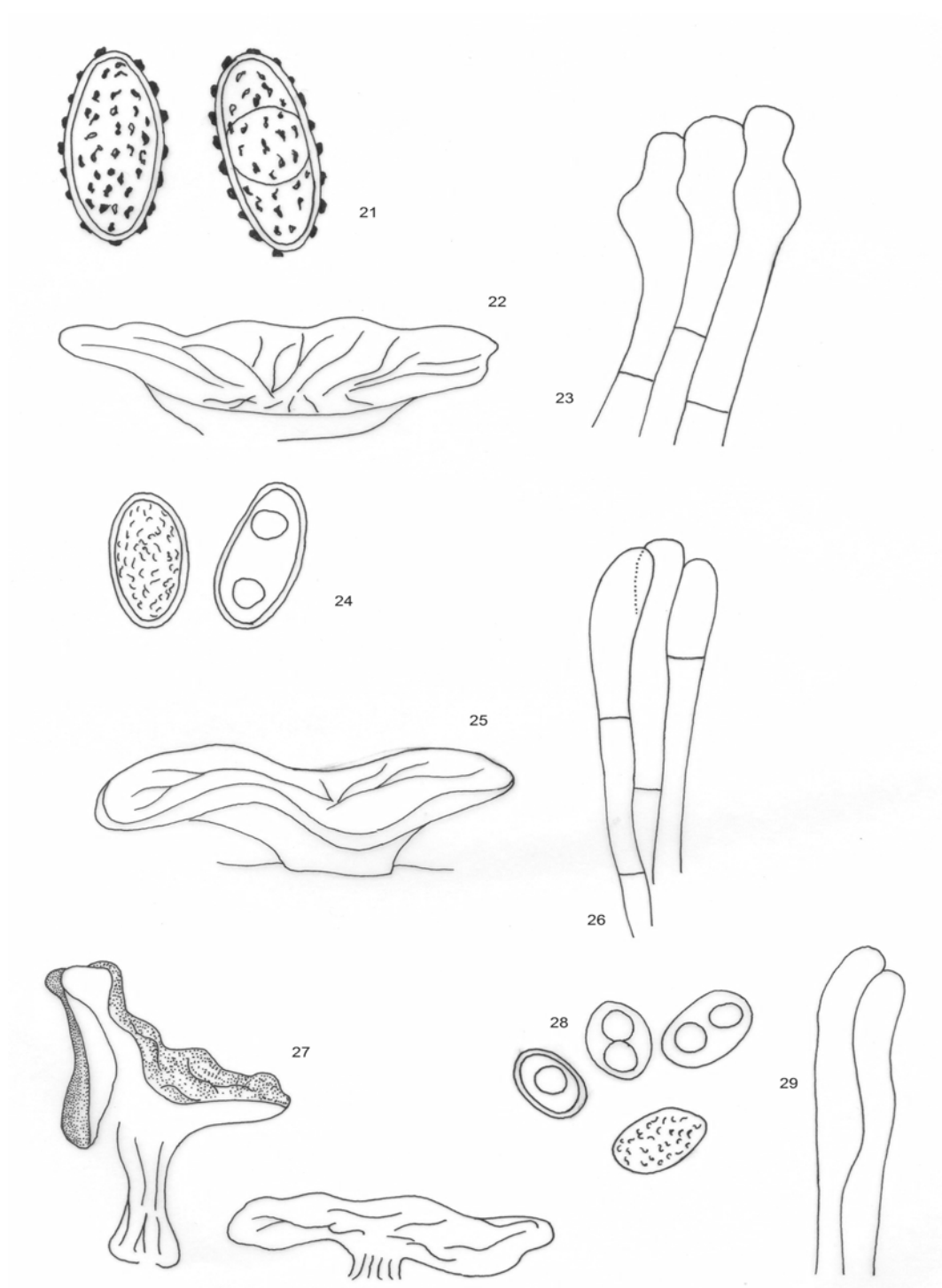


Lámina 2. Figs. 13-20. 13-14 . *Gyromitra esculenta*. 13: apotecio; 14: esporas. 15-16. *G. infula*. 15: apotecio; 16: esporas. 17-18. *G. korfii*. 17: apotecio; 18: esporas. 19-20. *G. macrospora*. 19: esporas; 20: parafisis. Escala 1cm= 1cm en los apotecios; 1cm= 10  $\mu$ m en esporas y parafisis).



Lamina 3. Figs. 21-29. 21-23. *Gyromitra martinii*. 21: esporas; 22: apotecio; 23: parafisis. 24-26. *G. melaleuca* . 24: esporas; 25: apotecio; 26: parafisis. 27-29. *G. melaleuroides*. 27: apotecios; 28: esporas; 29: parafisis. Escala 1cm= 1cm en los apotecios; 1cm= 10  $\mu$ m en esporas y parafisis).

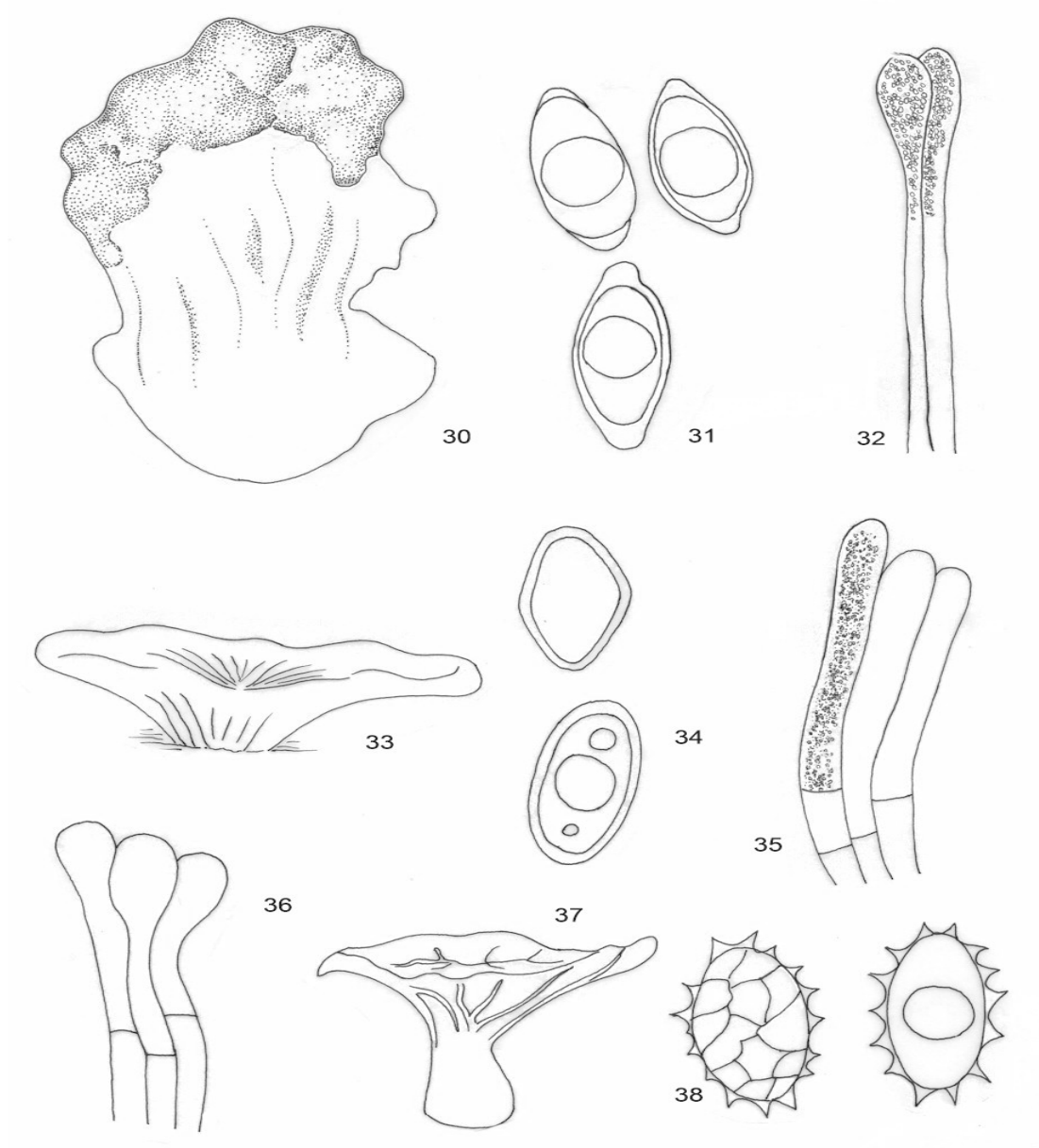


Lámina 4. Figs.30-38. 30-32. *Gyromitra montana*. 30: apotecio; 31: esporas; 32: parafisis.33-35. *G. olympiana*. 33: apotecio; 34: esporas; 35: parafisis. 36-39. *G. parva* 36: apotecio; 37: esporas; 38: parafisis. Escala 1cm= 1cm en los apotecios; 1cm= 10  $\mu$ m en esporas y parafisis).



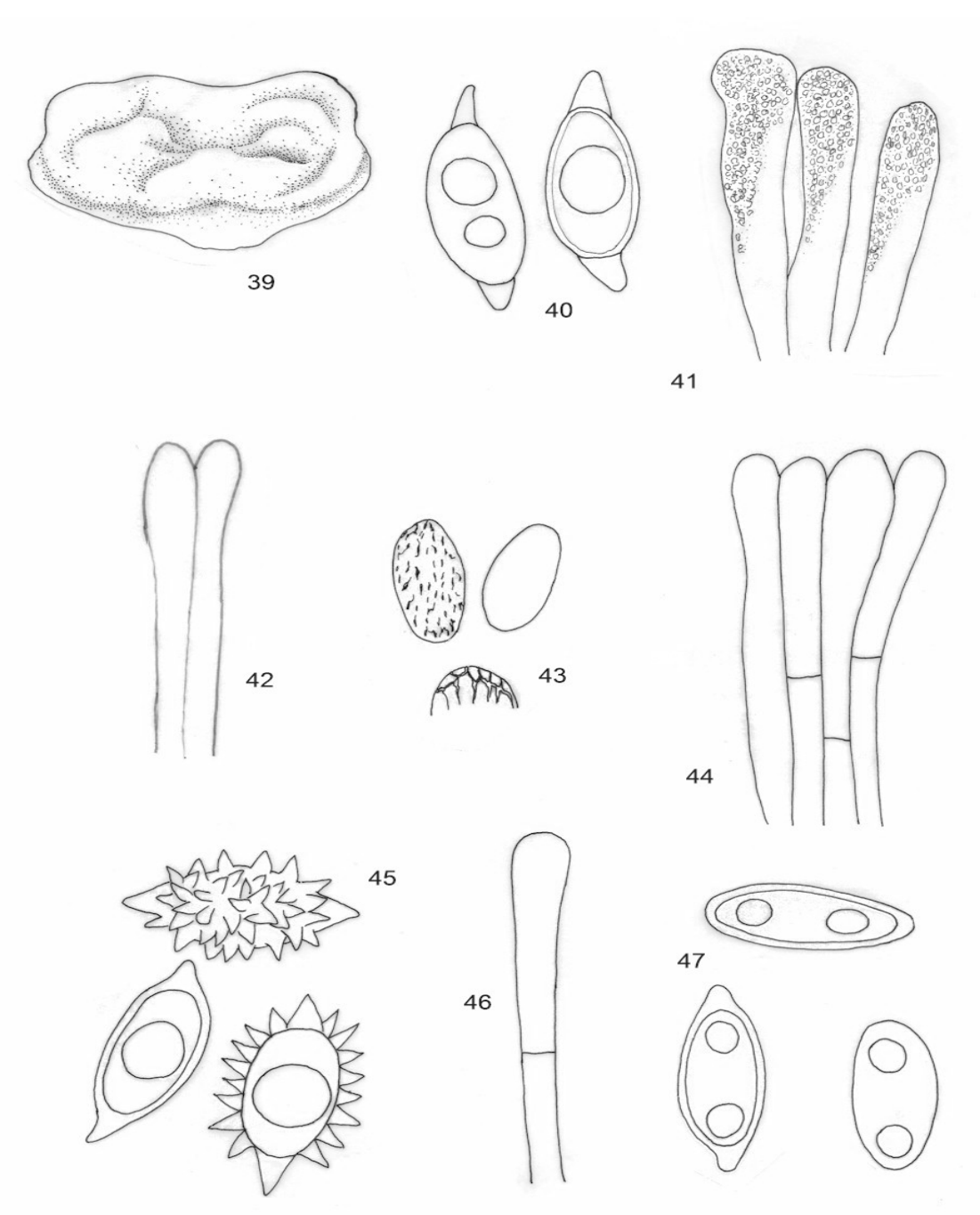


Lámina 5. Figs. 39-47. 39-41. *Gyromitra perlata*. 39: apotecio; 40: esporas; 41: parafisis. 42-43. *G. sichuanensis*. 42: esporas; 43: parafisis. 44-45. *G. spinosospora*. 44: parafisis. 45: esporas. 46-47 *G. splendida*. 46: paráfisis. 47: esporas. Escala 1cm= 1cm en los apotecios; 1cm= 10  $\mu$ m en esporas y parafisis).

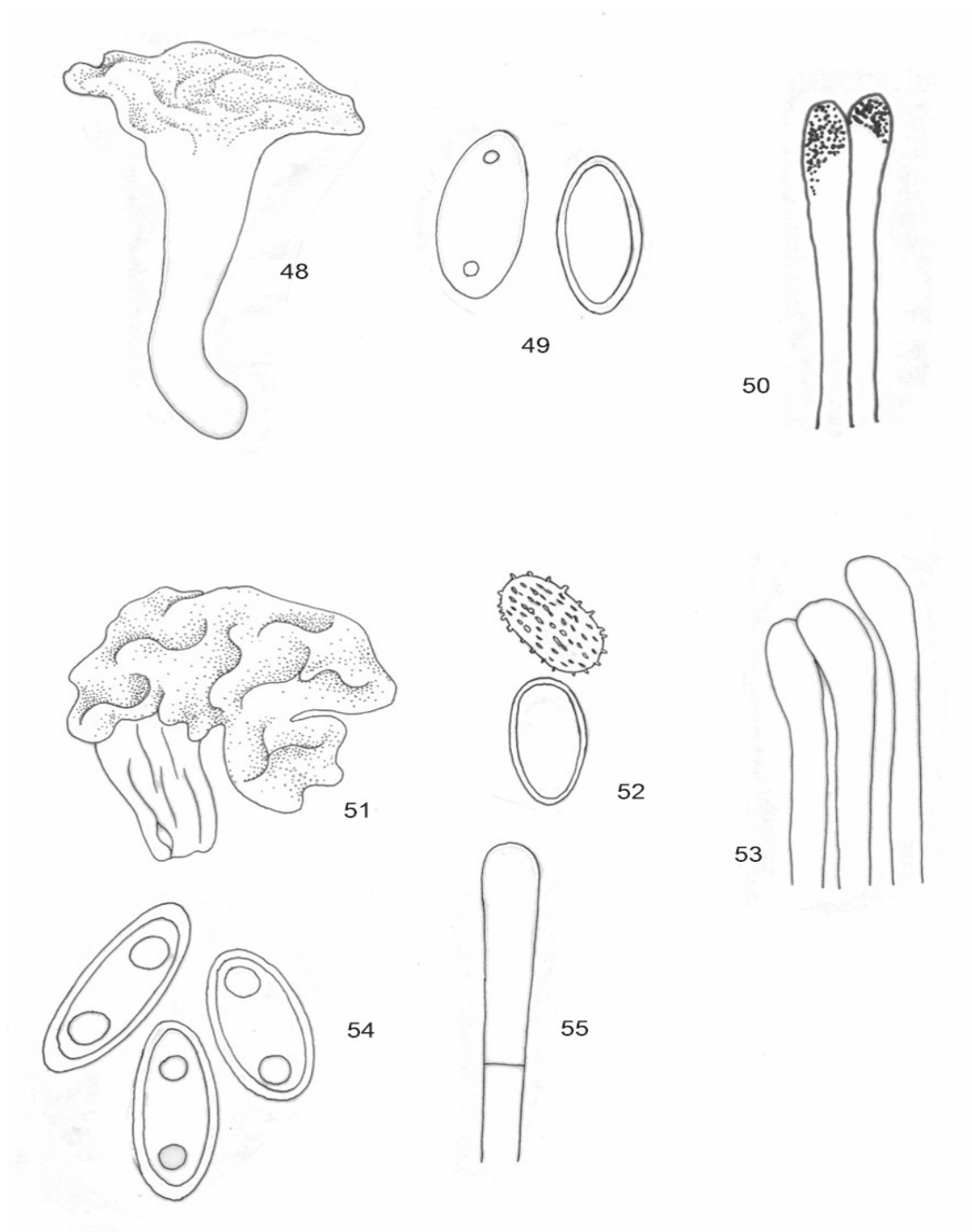


Lámina 6. Figs. 48- 55. 48-50. *Gyromitra tasmanica*. 48: apotecio; 49: esporas; 50: parafisis. 51-53. *G. xinjiangensis*. 51: apotecio; 52: esporas; 53: parafisis. 54-55. *G. splendida*. 54; esporas; 55: parafisis. Escala 1cm= 1cm en los apotecios; 1cm= 10  $\mu$ m en esporas y parafisis)

## ANEXOS

## Micromorfología de esporas en algunas especies de *Gyromitra* s.l. (Ascomycotina, Pezizales, Discinaceae)

Rosario Medel<sup>1</sup>  
José Marmolejo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ecología, Apartado Postal 63, Xalapa, Veracruz, 91000, México. <sup>2</sup>Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, Linares, 67700, Nuevo León, México

### Spore micromorphology of some *Gyromitra* s. l. species (Ascomycotina, Pezizales, Discinaceae)

**Abstract.** The spores of seven species of *Gyromitra* were studied, Three belonging to subgenus *Gyromitra*: *G. ambigua*, *G. antarctica* and *G. montana*, and four to subgenus *Discina*: *G. caroliniana*, *G. korffii*, *G. martinii* and *G. spinosospora*. Six of the seven studied species were analyzed from type material. The study at scanning electronic microscope showed a clear separation between the species of the two recognized subgenera: perisporium finely rough in *Gyromitra* and perisporium definitively ornamented in *Discina*. A new spore ornamentation pattern is added to the four currently recognized in the genus.

**Key words:** ornamentation, scanning electronic microscope, spores.

**Resumen:** Se estudiaron las esporas de siete especies de *Gyromitra*, tres pertenecientes al subgénero *Gyromitra*: *G. ambigua*, *G. antarctica* y *G. montana* y cuatro al subgénero *Discina*: *G. caroliniana*, *G. korffii* y *G. spinosospora*. Seis de las siete especies estudiadas, se analizaron de material tipo. Las fotografías al microscopio electrónico de barrido evidencian la clara separación de estas especies en los dos subgéneros reconocidos: perisporio finamente rugoso en *Gyromitra* y perisporio definitivamente ornamentado en *Discina*. Otro patrón de ornamentación se adiciona a los cuatro conocidos para este género.

**Palabras clave:** ornamentación, microscopio electrónico de barrido, esporas.

Received 12 August 2005; accepted 22 September 2005.

Recibido 12 de agosto 2005; aceptado 22 de septiembre 2005.

### Introducción

La ornamentación de las esporas en los discomicetos operculados, es de gran importancia, ya que se le ha atribuido valor taxonómico diferencial a nivel de especie [4]. Dentro de éste grupo se reconocen cinco tipos de ornamentación, la más común en la ornamentación simple de calosa y pectina, la cual se colorea en azul de algodón [12]. En el caso del género *Gyromitra* Fr., sensu Harmaja [6,8] la ornamentación y retículo de las esporas y la presencia del "apículo" (hinchamiento del perisporio, en los ápices de las esporas), sirvieron de base para establecer dos subgéneros: *Gyromitra*

(para el grupo *infula-esculenta*) y *Discina* (para el grupo *Discina-Neogyromitra*). Harmaja [8] mencionó que la diferencia entre apiculado y no apiculado era solamente cuantitativa (en el sentido de estar más o menos desarrollado) y que la ornamentación de la pared, constituía la diferencia entre los dos subgéneros: lisa en *Gyromitra* y rugosa y claramente ornamentada en *Discina-Neogyromitra*, sugiriendo que existía homología entre la cubierta cianofílica lisa y la ornamentada, como sucede en *Helvella* St-Amans y *Peziza* St-Amans [9]. Otros autores han resaltado la importancia de la ornamentación de las esporas en *Gyromitra* [1,4,6,8,9,14]. Mcknight y Batra [13] encontraron tres tipos basados en la ornamentación de las esporas al microscopio electrónico: I) esporas con perisporio finamente rugoso II) perisporio rugoso a verrucoso o con un retículo incompleto y

Autor para correspondencia: Rosario Medel  
medelr@ecologia.edu.mx

## CONOCIMIENTO ETNOMICOLÓGICO DE LAS ESPECIES DE *Gyromitra* EN MÉXICO

por

R. MEDEL

Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, Veracruz, México

e-mail: medelr@ecologia.edu.mx

Summary. MEDEL, R. (2006). Ethnomycological knowledge the *Gyromitra* species in Mexico. **Bol. Soc. Micol. Madrid 30**: 00-00

The species of the genus *Gyromitra*: *G. infula* and *G. esculenta* are recognized as edible and both have traditional uses in Mexico, these are sold mainly in markets of the Central part of the country. Despite their toxicity there are not records of poisoning by these mushrooms in the country.

Key words: Ethnomycology, *Gyromitra*, Mexico

Resumen. MEDEL, R. (2006). Conocimiento etnomicológico de las especies de *Gyromitra* en México. **Bol. Soc. Micol. Madrid 30**: 00-00

Las especies del género *Gyromitra*: *G. infula* y *G. esculenta* se conocen como comestibles y ambas tienen uso tradicional en México, son vendidas principalmente en los mercados del centro del país. Aunque se han mencionado como tóxicas, bibliográficamente ningún caso de intoxicación por éstos hongos ha sido registrado en el país.

Palabras clave: Etnomicología, *Gyromitra*, México.

### Introducción

El consumo de los hongos en México data desde tiempos prehispánicos, como lo demuestran numerosos documentos que evidencian que diferentes culturas indígenas usaban los hongos comestibles (SAHAGÚN, 1555-1560; MARTIN DEL CAMPO, 1968; GUZMÁN, 1984; 1994), además de utilizarlos en la medicina tradicional (GUZMÁN, 1994), así como también los empleaban de manera particular en prácticas religiosas (SAHAGÚN, 1555-1560; MARTIN DEL CAMPO, 1968; GUZMÁN, 1984), como es el caso de las especies de *Psilocybe* que eran utilizadas en ceremonias religiosas, atribuyéndoles poderes adivinatorios y curativos (GUZMÁN, 1994). A veces usaban otros hongos como *Elaphomyces* ("el gran mundo") y *Cordyceps* (llamados "hombrecitos"), según las culturas indígenas (TRAPPE & al., 1979; GUZMÁN 1984; 1994).

Se calcula que en México unas 200 especies de hongos son comestibles (GUZMÁN, 1999), la mayoría de éstas pertenecen al grupo de los basidiomicetos, sin embargo, entre los hongos que se comen se encuentran algunas especies de ascomicetos como son algunos

representantes de los géneros *Helvella* y *Morchella*, así como también *Hypomyces lactifluorum* y *Sarcosphaera coronaria* (HERRERA & GUZMÁN, 1961).

Los ascomicetos comestibles en su mayoría pertenecen al orden de los Pezizales y también reciben nombres vernáculos. *Helvella crispa* es conocido como “cuiloche”, *Morchella esculenta* llamado “elote” del nahuatl “olotl” (mazorca) y *Sarcosphaera* nombrado “totoxcozcate” (MARTIN DEL CAMPO, 1968). Este grupo de hongos se les conoce como “pantalones” o “gachupines” y entre ellos se encuentran las especies del género *Gyromitra*. Todos estos hongos son usados por los campesinos para venta y para el autoconsumo en algunos lugares de México (GISPERT & *al.*, 1984).

### Material y Métodos

Esta contribución está basada en una revisión bibliográfica cuidadosa y en el estudio de 82 especímenes de herbario de *Gyromitra* provenientes de ENCB, FCME, IBUG, XAL, ITCV y FCF. Estos materiales fueron estudiados macro y microscópicamente siguiendo las técnicas rutinarias para ascomicetos. Las etiquetas de herbario constituyeron la fuente de información de los datos.

### Discusión

*Gyromitra* está representado en México únicamente por dos especies, de las quince que tiene el género. Las especies de México son: *G. infula* y *G. esculenta* (Figs. 1 y 2), las dos con usos tradicionales y distribuidas ampliamente en bosques de coníferas y pino-encino del centro, sur y noreste del país. Los tipos de vegetación a los que se encuentran asociadas estas especies son bosques de oyamel (*Abies religiosa*), oyamel y encino (*Abies-Quercus*), oyamel pino y ciprés (*Abies-Quercus-Cupressus*), bosque de pinos (*Pinus* spp.), bosque de pino encino (*Pinus-Quercus*), pino encino y alamo (*Pinus-Quercus-Populus*), bosque mesófilo de montaña y bosque subtropical. *Gyromitra infula* es la especie mejor distribuida. Con relación a *G. esculenta* esta especie recibe los mismos nombres comunes que aquella. Estos hongos son conocidos con los nombres populares de “pantalones”, “pantalonudos”, “calzonera”, “gachupín grande” “oreja borracha”, “oreja de ratón mala” y “chile seco” (GUZMÁN, 1997).

Por razones culturales (GUZMÁN, 1980), el consumo de los hongos comestibles es más común en el centro y sureste del país, a pesar de que el norte es mucho más rico en bosques de coníferas y de pino

y encino. Sin embargo, es sabido que dos de las etnias que habitan en el norte los Tarahumaras en Chihuahua y los Tepehuanes de Durango consumen hongos (MORENO-FUENTES, 2002).

Se tiene conocimiento que especies de *Gyromitra* son objeto de venta en mercados del Estado de México como son los mercados de: Amecameca, Texcoco, Tenango del Valle, Toluca y Villa Nicolás Romero y en los mercados del Distrito Federal (HERRERA & GUZMÁN, 1961). Con relación a la composición de aminoácidos CRISAN & SAND (1978), dicen que las giromitras poseen la mayoría de los aminoácidos esenciales y no esenciales, lo que las hace buenas candidatas para el consumo. Sin embargo, como mencionó Guzmán (1980) "la barrera que separa los hongos comestibles de los tóxicos es frecuentemente ambigua". Sahagún (1555-1560) había escrito que algunos hongos crudos o mal cocidos provocaban síntomas de envenenamiento y aunque no menciona un hongo en particular el conocimiento tradicional de los recolectores y vendedores de hongos en los mercados hacen ver que bien pudiera tratarse de especies de *Gyromitra* y *Helvella*, que son tóxicas si se ingieren crudas, debido a la giromitrina. "Tirar el agua" de cocción es suficiente para evitar este tipo de envenenamiento (Guzmán, 1958). De hecho existe información de que los Purépechas consideran a *G. infula* (y probablemente *G. esculenta*) como un hongo no comestible al que nombran como "oreja de ratón borracha" (MAPES & al., 1984).

Sobre intoxicaciones provocadas por hongos en México, hay poca información y no existen en la literatura casos concretos de intoxicación por hongos. Las especies de *Gyromitra* las recomiendan los campesinos comerlas, siempre y cuando se hiervan primero y se tire el agua.

Como una recurso comestible en México, las dos especies de *Gyromitra* que prosperan en el país: *G. esculenta* y *G. infula* son aceptables y dada su distribución, podrían constituir un recurso alternativo alimenticio en el norte del país. Ambas especies tienen un uso tradicional documentado en diversos trabajos a excepción de la región de los Purépechas donde se consideran no comestibles dada su toxicidad en estado crudo. Es muy importante deshacerse del agua donde hirvieron los hongos y nunca utilizarla en la elaboración de sopas o caldos. Si estas especies se venden en mercados del centro de México y hasta la fecha no existen reportes de intoxicaciones por estos hongos, quiere decir que seguir esta regla es importante, la cantidad ingerida y la sensibilidad de algunas personas, puede ser un factor que aumente las posibilidades de intoxicación.

### Agradecimientos

Al Dr. Gastón Guzmán por la revisión crítica del manuscrito original. A Juan Lara Carmona su gran ayuda en el procesamiento de materiales de herbario, al Dr. F. Lorea por las fotografías; Maricruz Peredo por la edición de las mismas, todos ellos del Instituto de Ecología. Al Dr. Donald Pfister (Farlow, Herbarium, Harvard University) por su apoyo mediante una beca otorgada por Friends of the Farlow. A la Facultad de Ciencias Forestales, de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Al CONACYT la beca para la realización de sus estudios de Posgrado sobre el género *Gyromitra*.

### Bibliografía

- CRISAN, E.V. & A. SANDS (1978). Nutritional values. In: Chang. S.T. y W.A. Hayes. *The Biology of the cultivation of edible Mushrooms*. Academic Press Inc., Orlando, 137-169.
- GISPERT, M., O. NAVA & J. CIFUENTES (1984). Estudio comparativo del saber tradicional en hongos en dos comunidades de la Sierra del Ajusco. *Bol. Soc. Méx. Mic.* 19: 253-273
- GUZMÁN, G. 1958. Notas sobre los hongos superiores del Valle de México. *Yoliliztli (Revista de seminarios de Estudios Biológicos) Esc. Nal. Cienc. Biol. IPN* 1: 6-1
- GUZMÁN, G. (1977). Identificación de los hongos comestibles, venenosos y alucinantes. LIMUSA, México, D.F., 452 pp.
- GUZMÁN, G. (1980). Las intoxicaciones producidas por los hongos. *Ciencia y Desarrollo* 32: 129-134.
- GUZMÁN, G. (1984). Los hongos usos, mitos y leyendas. *Ciencia y Desarrollo* 59:19-27
- GUZMÁN, G. (1994). Los Hongos en la medicina tradicional de Mesoamérica y de México. *Rev. Iberoamericana de Micología*. 11. 81.85.
- GUZMÁN, G. (1997). *Los nombres de los hongos y lo relacionado con ellos en América Latina*, CONABIO. Instituto de Ecología
- GUZMÁN, G. (1999). *Los hongos comestibles, medicinales y sagrados en México*. In: Vazquez Dávila M.A. (ed.) *La Etnobiología en México. Reflexiones y Experiencias*. SEP, CONACYT, Oaxaca, México.
- HERRERA, T. & G. GUZMÁN (1961). Taxonomía y Ecología de los principales hongos comestibles de diversos lugares de México. *Ans. Inst. Biol.* 32: 33-135.



- MAPES, C., G. GUZMÁN & J. CABALLERO (1984). *Etnomicología purépecha. El conocimiento y uso de los hongos en la cuenca de Pátzcuaro*, Michoacán. Cuadernos Etnobotánicos 2. Dir. Gral. Culturas Populares, SEP, Soc. Mex. Mic. e Inst. Biología, UNAM, México, D.F.
- MARTÍN DEL CAMPO, R. (1968). Contribución al conocimiento de la nomenclatura micológica nahuatl. *Bol. Inf. Soc. Mex. Mic.* 2: 25-36
- MORENO FUENTES, A. (2002). *Estudio etnomicológico comparativo entre comunidades Raramuris de la alta Tarahumara en el Estado de Chihuahua*. Tesis de Doctorado. Fac. de Ciencias UNAM.
- SAHAGÚN, FR. BERNARDINO DE (1555-1560). *Historia General de las cosas de la Nueva España*. Reimp. DASTIN. L. M. Madrid, 2 Vols. 2000.
- TRAPPE, J. M., G. GUZMÁN & C. VASQUEZ SALINAS (1979). Observaciones sobre la identificación, distribución y usos de los hongos del género *Elaphomyces* en México. *Bol. Soc. Mex. Mic.* 13: 145-150.



Fig. 1. *Gyromitra esculenta*. Foto F. Lorea



Fig. 2. *Gyromitra infula*. Foto F. Lorea

## A Review of the genus *Gyromitra* (Ascomycota, Pezizales, Discinaceae) in Mexico

ROSARIO MEDEL

medelr@ecologia.edu.mx

Instituto de Ecología, A.C. Unidad de Micología  
Km 2.5 antigua carretera Xalapa-Coatepec No. 351,  
Congregación El Haya, 91070, Xalapa, Veracruz, México

**Abstract**—*Gyromitra* has three species in Mexico: *G. ambigua*, *G. esculenta* and *G. infula*, of which *G. ambigua* is recorded for the first time. The three species are widely distributed primarily in forest of *Abies* and *Pinus-Quercus* and rarely in cloud forests. Some considerations of the *G. esculenta* complex are presented and a key to the recognized species is provided.

**Key words**—taxonomy, species complex

### Introduction

According to Kirk et al. (2001), the genus *Gyromitra* Fr. is composed of nearly fifteen species. Usually, it has been considered to be closely related to three genera: *Discina* (Fr.) Fr., *Neogyromitra* S. Imai and *Pseudorhizina* Jacz. These genera have a common excipular structure, four nuclei per spores and paraphyses that are very similar; differences in spore shape and ornamentation, ascoma shape and presence of a stipe are considered quantitative (Harmaja 1969a, 1973). The relationships among these and other genera are not clear (Harmaja, 1969a). *Gyromitra* was placed first in the family Helvellaceae Dumort. (Saccardo 1889; Seaver 1928; Raitviir 1965; Dennis 1978, Korf 1972, Kimbrough et al., 1990, Kimbrough 1991). However, O'Donnell et al. (1997) moved *Gyromitra* to the family Discinaceae Benedix emend. N.S. Weber, Trappe & O'Donnell, and they pointed out the necessity of doing phylogenetic studies within the genera of this family, including *Gyromitra* and argued, in agreement with Harmaja (1969a), that *Gyromitra* and *Discina* are congeneric (Eckblad 1968; Abbott and Currah 1997). Information on the position of the genus *Neogyromitra* (Harmaja, 1969a) is still wanting. *Gyromitra* also needs a detailed survey to establish relationships among species. It may be composed of two (Harmaja, 1973) or more subgenera (Mcknight and Batra 1974; Abbott and Currah 1997).

*Gyromitra* sensu lato, that is including *Discina*, comprises species with inamyloid asci, elliptical, smooth ascospores, apothecia that are stipitate and bilobate or brain-like, as well as those species with subfusiform to fusiform ornamented ascospores, apothecia that are discoid, sessile or subsessile and medullary excipulum of textura intricata. This is the generic concept presented by Harmaja (1969a, 1973) and Pfister (1980). In Mexico only the stipitate, bilobate or brain-like species have been found to date. *G. esculenta* is variable in spore form and I follow Harmaja's (1969a) spore types in the discussion below to distinguish within this complex.

*Gyromitra* was recorded in Mexico for the first time by Herrera and Guzmán (1961), based on *G. infula* (as "*Helvella infula* Fr."), growing in coniferous forests in the State of Mexico and Federal District. There it has been known as an edible fungus, after being boiled and the water being discarded. Later *G. esculenta* was recorded from Nuevo León by Castillo et al. (1979). A third species *Gyromitra melaleuca* (Bres.) Donadini (as *Discina melaleuca* Bres.) was reported from Jalisco State by Guzmán-Dávalos et al. (2001).

### Materials and methods

Eighty five specimens from the following herbaria were considered in this study: ENCB, FCF, FCME, FH, H, IBUG, ITCV, K and XAL. Acronyms follow Holmgren et al. (<http://sciweb.nybg.org/science2/ih/searchih.html>) with the addition of ITCV (Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria) and FCF (Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León). Microscopic observations were made on sections mounted in 10% KOH, for measurements of hymenial elements, and Melzer reagent and cotton blue in lactophenol for observation of spore ornamentation and apiculi.

### Results

*Gyromitra* in Mexico comprises three species: *G. ambigua*, *G. esculenta* and *G. infula*. *G. ambigua* has not previously been reported in Mexico. The report of *Gyromitra melaleuca* (as *Discina melaleuca*, Guzmán-Dávalos et al., 2001) is based on a misidentification. Study of reference material (Tamayo & González s.n., from Nevado de Colima mountain, in Jalisco, IBUG), showed a superficial similarity to *G. melaleuca*, i.e. apothecium discoid, with margin unevenly revolute, and a short, nut-brown stipe; and spores 20-22 x 10-12 µm, with short spines and paraphyses 5-8 µm wide and clavate. Nevertheless, when mounted in Melzer reagent a positive reaction of the asci is observed indicating it is a member of the family Pezizaceae. It is worth note that the record of *G. melaleuca* from North America (Seaver, 1928) is doubtful. Abbott and Currah (1997) suggest the collection from the United States represents a different species since they consider *G. melaleuca* to be restricted to Europe from where it was described.

## Key to the recognized species of *Gyromitra* in Mexico

- 1a. Apothecium gyrose or brain-like or rarely bilobate, thick, vinaceous brown, reddish or violaceous, spores elliptical to fusoid 18-25 (-27) x (8-) 10-12.5 µm ..... ***G. esculenta***
- 1b. Apothecium saddle shape or rarely gyrose and narrow, brown orange or reddish-brown ..... 2
- 2a. Spores elliptical, walls without thickened poles, 17.6-25 x 7.2-10 µm.....  
..... ***G. infula***
- 2b. Spores elliptical-fusoid, (23-) 25-33 x (8-)10-12 µm walls thickened at the poles forming apiculi up to 2.5 µm thick ..... ***G. ambigua***

***Gyromitra ambigua*** (P. Karst.) Harmaja, Karstenia 9: 17. 1969.

**Fig. 1-2**

= *Helvella ambigua* P. Karst., Meddelanden af Societas pro Fauna et Flora Fennica 5: 53. 1879.

= *Gyromitra infula* var. *apiculatispora* Raitv., Eesti NSV Teaduste Akadeemia Toimetised (Bioloogiline Seeria) 14 (3): 322. 1965 (fide Abbott and Currah, 1997)

The lobed or rarely brain-like, dark red-orange apothecia and fusoid spores, (23-) 25-33 x (8-) 10-12 µm, with thicker poles, as apiculi 2.5 µm high, are the diagnostic features. The ascoma of this species is very similar to *G. infula*, although the shape of some material studied resembles *G. esculenta*. We studied the holotype material and found the spores to measure 30-33 x 10-12 µm, with apiculi of 2 µm. Notes with the type material described spores up to 40 µm, but I have not seen spores longer than 33 µm. Mexican material has spores of (23-) 25-33 x (8-)10-12 µm, with longer apiculi (up to 2.5 µm) than as noted in the type specimen. The species was described in detail by Abbott and Currah (1997) and Harmaja (1969b) from the United States and Europe. These collections represent the first record of *G. ambigua* from Mexico. This species grows in soil or wood in *Abies religiosa* and *Pinus hartwegii* forests, at altitudes of around 2900 m.

**Studied material:** MEXICO. Michoacan. Villa Madero Municipality, Cerro Cruz Gorda, highway Pátzcuaro-Tacámbaro, 23/X/1979, *Sánchez 8* (XAL). MORELOS. Lagunas de Zempoala, road to Chalma, 12/X/1965, *Díaz y Carmona* s.n., (XAL, ENCB). CANADA. Prince Edward Island, Herb Ellis (FH). FINLAND. Tammela, 30/VII/1866, *Karsten 3289* (holotype of *H. infula* var. *similis*, H). UNITED STATES. Michigan, /IX/1979, *Beardslee* s.n. (FH).

***Gyromitra esculenta*** (Pers.: Fr.) Fr., Summa Vegetabilium Scandinaviae 2: 346. 1849.

**Fig. 3-4**

= *Helvella esculenta* Pers.:Fr., Commentarius Schaefferi icones pictas p. 64. 1800.

= *Gyromitra bubakii* Velen., Česke houby p. 893. 1922 (fide Abbott and Currah, 1997).

The brain-like apothecia with vinaceous brown, reddish or violaceous tones are typical of this species. There is a great deal of variability, as reported by Harmaja (1979a), in *G. esculenta*, including hymenium folding, apothecial margins, color of the hymenium and stipe. Harmaja attributes this variation primarily to environmental factors and maturity of the material. He considered there to be three spores types within this group: type I (*G. esculenta* s. str.), spores 18-23 (-25) x 10-12.5 µm, elliptical to fusiform with apiculi up to 0.5 µm; type II (without any taxon assigned), spores 20-25 x 10-12.5 µm, subfusiform, apiculi up to 1 µm, and type III (*G. splendida* and *G. bubakii*?), spores 22-30 x 10-12.5 µm, fusiform, apiculi 0.6-1.2 µm.

I regard *G. esculenta* to be a species complex that includes *G. bubacii*, *G. esculenta* s. str., *G. longipes* Harmaja and *G. splendida* Raitv. All of these have very similar morphology and spore size. Raitviir (1974) described *G. splendida* with deep violaceous tones in the hymenium and stipe, with a stipe longer than in *G. esculenta*, and subfusiform spores 23-28 x 11.5-13.5 µm, with a perisporium thickened up to 2 µm. This author pointed out that the long stipe and not so broad cap were different than *G. esculenta*, but in the field these species were indistinguishable. Harmaja (1979b) considered *G. longipes* to differ from *G. esculenta* s. str., in its darker pileus and long stipe with violaceous tones and in its fusiform spores 20-25 x 9-10 µm, with apiculi up to 2 µm. Huhtinen and Ruotsalainen (2004), studying specimens from Finland, suggested the conspecificity of *G. splendida* and *G. longipes*. In fact, regarding morphological characters and measurements of spores (type III of Harmaja), *G. longipes* and *G. splendida* seem to be the same (see Table 1). *G. bubakii* (Velenovsky, 1922) has smaller fruitbodies, longer stipes (2/3 of the total length) and bigger spores 30-34 µm than *G. esculenta*. The type of *G. bubakii* was studied by Moravec (1986), Abbott and Currah (1997) and Huhtinen and Ruotsalainen (2004). For the former *G. bubakii* is a variety of *G. esculenta*, while for Abbott and Currah it is conspecific with *G. esculenta*, and Huhtinen and Ruotsalainen considered it different from *G. esculenta*. Moravec (1986) showed a continuous wall on the spore, but not in the apiculi. The loss of apiculi is attributed to preservation in formaldehyde (Huhtinen and Ruotsalainen 2004), but Kempton and Wells (1973) have suggested that spores of *G. esculenta* four weeks old, lose their apiculi. Spores of *G. esculenta* seems to vary widely in size. Most of the material studied from Mexico has elliptical to subfusiform spores 18-20 x (8-) 10-12.5 µm, which correspond to type I. Nine of the studied specimens presented subfusoid spores of 20-25 (-27) x 10-12.5 µm with apiculi up to 1 µm (type II) and only one specimen (*Medel 11*, XAL) had very large fusoid spores, 27-33 x 11.8-13.5 µm, with apiculi of more than 1 µm. Mexican material shows great variability in ascoma shape, length and width of the stipe, but not in ascoma color. This variability was similar to that found in the materials from Canada,

England, Finland and the United States. To understand this variability it will be necessary to study more material of *G. esculenta* from the whole geographical range, particularly in order to judge the importance of spore size in the taxonomy of the group. Regarding Mexican materials *G. esculenta* s. str. is considered to have the following characters: spores of 18-20 (-27) x (8-)10-12.5 µm, folded brain-like hymenia that are vinaceous brown, reddish or violaceous tones, a stipe, elliptical spores, and apiculi up to 1 µm. This measurement falls in both spore type I and II of Harmaja and coincides with the measurements cited by diverse authors (Boudier 1905, Dennis 1978, Kempton and Wells 1973, De la Torre 1977, Weber 1988, Abbott and Currah 1997). Moravec (1986) found that the spores in *G. esculenta* have a wide continuous range of variation up to 29.5 µm. I have not seen Mexican material with spores longer than 27 µm. Among the studied specimens, one of the collections (*Medel 11*, XAL) could represent another taxon, because of the subfusiform spores 27-33 x 11.8-13.5 µm with apiculi of 1-1.5 µm.

At present there is no consensus about *G. esculenta* spore size. Moravec (1986) suggested that the original description of *G. esculenta* by Persoon was based on immature specimens. Harmaja (1979a) noted that the original concept of *Helvella esculenta* needed clarification and he mentioned several names that he thought were synonyms of *G. esculenta*. Abboth and Currah (1997) mentioned the type specimen is unknown, and so a neotype should be selected. Full descriptions of *G. esculenta* can be found in De la Torre (1977), Abbott and Currah (1997), Kempton and Wells (1973) and Weber (1988). The species is humicolous and lignicolous, and grows in *Abies religiosa*, *Pinus*, *Pinus-Quercus* and rarely in cloud forest at 2500-3600 m.

**Studied material:** MEXICO. COAHUILA. Arteaga Municipality, Las Carolinas, 27/VII/1986, *García* s.n. (ITCV); Arteaga Municipality, La Siberia, 19/X/2001, *Medel* s.n. (FCF). DURANGO. Highway Durango-Mazatlán, 28/VII/1984, *García 434* (ITCV). ESTADO DE MÉXICO. Los Saucos, deviation to Valle de Bravo, highway Toluca-Temascaltepec, 15/VIII/1982, *Chacón 345* (ENCB); National Park Lagunas de Zempoala, highway to Chalma, 1/VIII/1982, *Chacón 287* (ENCB); Villa de Allende Municipality, San Cayetano N of Agua Escondida, 5/IX/1982, *González 42* (ENCB); West side Paso de Cortés, Popocatepetl Volcano, 26/IX/1986, *Chacón 570* (ENCB); Escualingo, East side of San Rafael Atlixco, 7/X/1983, *Hernández 136* (ENCB). GUERRERO. Chilpancingo de los Bravo Municipality, Cerro Palo Hueco, Omiltemi, 14/8/1984, *Gutierrez* s.n., (FCME); Km 2.5 deviation to Puerto del Gallo, 27/VIII/1983, *Tapia* s.n., (FCME). HIDALGO. National Park El Chico Sierra de Pachuca, 31/10/1981, *Ramos* s.n. (ENCB); El Chico 13/8/1965, *Salas* s.n., (ENCB). MICHOACÁN. Zinapécuaro Municipality deviation to Eréndira, San Pedro Jacuaro, *Hernández y Villegas 924* (FCME). TLAXCALA. National Park La Malinche, 15/IX/1970, *Rodríguez-Martínez 43* (ENCB). VERACRUZ. Xico Municipality, Los Gallos, East side Cofre de Perote, *Rico 951* (XAL); Xico Municipality, near El Llanillo road Las Vigas-Tembladeras North side Cofre de Perote, *Bandala 2654* (XAL); Calcahualco Municipality, near Tlacoteopa, road La Jicara *Medel 891*, 892, 893, 894, 895 (XAL); Cofre de Perote region, road Valle Alegre Park to Tembladeras, *Ramírez-Guillén 222* (XAL); IV Exposición de Hongos del INIREB, 31/VIII/1986, *Medel 11* (XAL); Cofre de Perote region, Valle Alegre Park, 13/VIII/2003, *Guzmán 35515* (XAL).

#### ***Gyromitra infula* (Schaeff.: Fr.) Quél, Enchiridion Fungorum 272, 1886.**

**Fig. 5-6**

= *Helvella infula* Schaeff.: Fr., Fungorum qui in Bavaria et Palatinatu nascuntur icones 4:105. 1774.  
= *Helvella friesiana* Cooke, Mycographia seu icones Fungorum 1: 195, 1878.

The bilobate or saddle-shape, brown-orange apothecia and elliptic non-apiculate spores, 17.6-25 x 7.2-10 µm, are characteristic of *G. infula*. This species has the widest distribution of all the species reported in Mexico and is morphologically close to *G. ambigua*. Spore size and the lack of apiculi are diagnostic features. Our material has spores of 17.6-20 (-25) x 7.2-10 µm. This is smaller than reported in the neotype specimen of *G. infula* (designated by Harmaja, 1969b) that is also the lectotype of *H. friesiana* at K, in which the spores reach a size of 20-25 x 8-10 µm, according to my observations. Additional descriptions of this species can be found in Abbott and Currah (1997), Kempton and Wells (1973), De la Torre (1979) and Weber (1988). The species grows on wood, humus or on burned soil, in forests of *Abies religiosa*, *Pinus*, and *Pinus-Quercus* and rarely in cloud forests, at 2700-3500 m.

**Studied material.** MEXICO. COAHUILA. Arteaga Municipality, La Siberia, 15/8/1973, *Guzmán 11248*, 11251 (ENCB), 21/IX/1980, *Chacón 98* (ENCB). DISTRITO FEDERAL. El Ajusco, near Pico del Aguila, 25/IX/1966, *Fagoaga 15c* (ENCB). DURANGO. Pueblo Nuevo municipality, El Mil Diez, *García 3470* (ITCV). ESTADO DE MEXICO, highway Toluca-Temascaltepec, deviation to Valle de Bravo, 23/X/1986, *Santillán 540* (ENCB); Texcoco Market, 8/IX/1973, *Velásquez 832* (ENCB); El Capulín, highway to Sultepec, Nevado de Toluca, Nacional Park, 25/9/1983, *González 458* (ENCB); Nevado de Toluca, highway to Sultepec, 2/IX/1983, *Colón 358* (ENCB); Nevado de Toluca, cerro El Calvario, 24/IX/1983, *Colón 378-A*, 382 (ENCB); Villa Nicolás Romero Market, 17/10/1976, *Baca* s.n. (ENCB); Laguna de Ojotongo, highway Zempoala-Chalma, 15/VII/1963, *Guzmán 5086*, (ENCB); Río Frío near Llano Grande, highway México-Puebla, 13/VII/1968, *Díaz 9*, *Guzmán 1538* (ENCB); Temoaya Municipality, Las Navajas, *Kong-Luz 54* (ENCB). GUANAJUATO. El Zamorano, near Tierra Blanca, 27/VIII/2000, *Landeros 7-10B* (XAL). MORELOS. Lagunas de Zempoala, *Rocha 10* (ENCB); Huitzilac Municipality, Lagunas de Zempoala National Park, 26/7/1982, *Aguilar* s.n. (FCME). GUERRERO. Chichihualco Municipality, between Carrizal and Puerto del Gallo, 12/7/1980, *Lugo* s.n., 12/VII/1980, *Villarias 52*, 20/VIII/1983, *Perez-Ramírez 467*, *Herrera* s.n. (FCME); Chichihualco Municipality, between El Carrizal and Atoyac, *Lugo 18* (FCME), Chilpancingo de los Bravo Municipality, Palo Hueco, Omiltemi, 14/8/1984, *Gutierrez* s.n. (FCME). MICHOACÁN. Ciudad Hidalgo

Municipality, National Park Cerro Garnica, 18/8/1983, *Arrieta* s.n. (FCME). MORELOS. Cuernavaca, region of the Lagunas of Zempoala, 19/VIII/1982, *Mora* 429, *Chacón* 3613 (XAL). NUEVO LEON. Zaragoza Municipality, La Encantada, *García* 2414, 8195 (ITCV); Zaragoza Municipality, El Viejo Hill, *García* 2583 (ITCV); OAXACA. Highway Tuxtepec-Oaxaca, between La Esperanza and Oaxaca, 25/VII/1977, *Pérez-Ortiz* 695, (ENCB). PUEBLA. Chiautzingo Municipality, San Juan Tetla, Cañada Chamier, 27/10/1982, *Gauzin* s.n. (ENCB); South of Hidalgo, *Medel* 680 (XAL). VERACRUZ. Municipality de Xico, West side Cofre de Perote, Los Gallos near El Rosario, *Rico* 934, 949, *Montoya* 240, *Bandala* 465, *Pérez-Moreno* 397, 477, *Villarreal* 1334, 2191, 2618, 2580, 2562, 2618 (XAL); Xico Municipality, El Rosario near El Revolcadero, *Montoya* 330-A, 381, *Bandala* 357, 406, 464, *Villarreal* 631-A, 646, 664, 1465, 1546, 2251 (XAL), Calchahuaco Municipality near Tlacoteopa, La Jicara road, 10/X/1998, *Medel* 890 (XAL). SWEDEN. Uppsala (ex Herb. Berkeley lectotype of *H. friesiana*, K).

### Acknowledgements

The author will express her thanks to the following: Dr. Gastón Guzmán (Instituto de Ecología at Xalapa), Dr. Donald Pfister and Dr. Karen Hansen (Farlow Herbarium, Harvard University) for critical reading the manuscript. Dr. Francisco Lorea and Donald Pfister improved the English, Juan Lara Carmona helped in work in the Herbarium, Manuel Escamilla made the drawings and Maricruz Peredo for the edition of plates. CONACYT provided financial support through a grant. I also benefited from a stay at the Farlow Herbarium Harvard University where I was supported by a fellowship provided by the Friends of the Farlow. Also I expressed my thanks to the Curators of the following Herbaria ENCB, FCF, FCME, FH, H, ITCV and K for the loan of specimens for study.

### Literature cited

- Abbott, SP, Currah S. 1997. The *Helvellaceae*: Systematic revision and occurrence in Northern and Northwestern North America. *Mycotaxon* 62: 1-125.
- Boudier, E. 1905. *Icones mycologicae ou iconographies des champignons de France*, Paris.
- Castillo J, García J, San Martín FE. 1979. Algunos datos de la distribución ecológica de los hongos principalmente micorrizicos, en el centro del Estado de Nuevo León. *Bol. Soc. Mex. Mic.* 13: 229-237.
- De la Torre, M. 1977. Aportación al estudio del genero *Gyromitra* Fr. em. Harmaja en España. *Bol. Estación Central de Ecología* 19: 33-38.
- Dennis, RWG. 1978. *British Ascomycetes*. Cramer, Vaduz. 585 pp.
- Eckblad, FE. 1968. The genera of the operculate Discomycetes: A re-evaluation of their taxonomy, phylogeny and nomenclature. *Nyt. Mag. Bot.* 15: 1-191.
- Guzmán-Dávalos, L, Ramírez O, Sánchez-Jácome MR, Chacón S. 2001. Ascomycotina conocidos de Jalisco. *Boletín IBUG* 9: 11-23.
- Harmaja, H. 1969a. A wider and more natural concept of the genus *Gyromitra* Fr. *Karstenia* 9: 9-12.
- Harmaja, H. 1969b. A neglected species *Gyromitra ambigua* (Karst.) Harmaja n. comb. and *G. infula* s. str. in Fennoscandia. *Karstenia* 9: 13-19.
- Harmaja, H. 1973. Amendments to the limits of the genus *Gyromitra* and *Pseudorhizina*, with the descriptions of a new species *Gyromitra montana*. *Karstenia* 13: 48-58.
- Harmaja, H. 1979a. Notes on *Gyromitra esculenta* and *G. recurva*, a noteworthy species on western North America. *Karstenia* 19: 46-49.
- Harmaja, H. 1979b. Studies on vernal species of *Gyromitra* and *Pseudombrophila* syn. *Nannfeldtiella*. *Ann. Bot. Fennici* 16: 159-162.
- Herrera, T, Guzmán G. 1961. Taxonomía y ecología de los principales hongos comestibles de diversos lugares de México. *Ans. Inst. Biol. UNAM.* 32: 33-135.
- Huhtinen, S, Ruotsalainen J. 2004. Notes on the taxonomy and occurrence of some species of *Gyromitra* in Finland. *Karstenia* 44: 25-34.
- Kempton, PE, Wells VL. 1973. Studies in the fleshy fungi of Alaska VI. Notes on *Gyromitra*. *Mycologia* 65: 396-400.
- Kimbrough, J, Chi-Guang W, Gibson JL. 1990. Ultrastructural observation on *Helvellaceae* (Pezizales, Ascomycetes) IV. Ascospore ontogeny in selected species of *Gyromitra* subgenus *Discina*. *Can. J. Bot.* 68: 317-328.
- Kimbrough, J. 1991. Ultrastructural observations on *Helvellaceae* (Pezizales, Ascomycetes). V. Septal structures in *Gyromitra*. *Mycol. Res.* 95: 421-426.
- Kirk, PM, Cannon PF, David JC, Stalpers JA. 2001. *Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi*. 9a. Ed., CABI Bioscience, Surrey, 655 pp.
- Korf, RP. 1972. Synoptic key to the genera of *Pezizales*. *Mycologia* 64: 937-994.
- Mcknight, KH, Batra L. 1974. Scanning electron microscopy in taxonomy of gyromitroid fungi. *The Michigan Botanist* 13: 51-64.
- Moravec, J. 1986. A revision of the type of *Gyromitra bubaci* and the problem of ascospore size of *Gyromitra esculenta* (Discomycetes). *Ceska Mykologie* 40: 11-18.
- O'Donnell, K, Cigelnik E, Weber N, Trappe J. 1997. Phylogenetic relationship among ascomycetous truffles and the true and false morels inferred from 18s and 28s ribosomal DNA sequence analysis. *Mycologia* 89: 48-65.
- Pfister, DH. 1980. On *Peziza melaleucoides*, a species of *Gyromitra* from the western United States. *Mycologia* 72: 614-619.
- Raitviir, A. 1965. Taxonomical notes on the genus *Gyromitra*. *Eesti NSV Teaduste Akadeemia Toimetised (Bioloogiline Seeria* 14(3): 320-324.
- Raitviir, A. 1974. A new species of *Gyromitra* from Estonia. *Folia Cryptogamica Estonica* 4: 25-32.
- Saccardo, PAM. 1889. *Sylloge Fungorum VIII. Discomycetae*. J. Edwards, Ann Arbor. Michigan, 1143 pp.
- Seaver, FJ. 1928. *The North American Cup-Fungi (Operculates)*. Reprint, 1978. Lubrecht & Cramer, Monticello, 377 pp.
- Velenovsky, J. 1922. *Česke houby* 4-5: 633-650.

Weber, NS. 1988. A morel Hunter's Companion. A guide to the true and false morels of Michigan. Michigan Natural Resources Magazine. Two Peninsula Press, Lansing 208 pp.